

**VERGLEICHENDE MESSUNGEN DES ORALEN,
NASALEN UND SUBGLOTTISCHEN DRUCKES
BEI DEN GAUMENVERSCHLUSSLAUTEN G UND K**

Peter Spanneberg

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551924_0058

Aus der Hals-Nasen-Ohrenklinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. H. H. NAUMANN

VERGLEICHENDE MESSUNGEN DES ORALEN,
NASALEN UND SUBGLOTTISCHEN DRUCKES
BEI DEN GAUMENVERSCHLUSSLAUTEN G UND K

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Peter Spanneberg
aus München

München 1974

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Prof. Dr. E. LOEBELL
Korreferent: Prof. Dr. H. H. NAUMANN
Dekan: Prof. Dr. W. SPANN

Tag der mündlichen Prüfung: 17. 12. 1974



Meinen Eltern in aufrichter Dankbarkeit
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

A) Einleitung

Geschichte der experimentellen Phonetik

B) Anatomische Grundlagen des Atem- und Stimmtraktes

1. Ansatzrohr
2. Stimmbildungsorgan
3. Atemwege

C) Funktion und Physiologie von Stimmapparat und Stimmbildung

I. Einstellfaktoren von Kehlkopf und Stimmlippen

1. Muskelapparat des Kehlkopfes
2. Innervation des Kehlkopfes

II. Stimmbildung

1. Atmung und subglottischer Druck als Grundfaktoren
 - a) Stumme Atmung und Stimmatmung
 - b) Subglottischer Druck
2. Stimmlippenschwingung
 - a) Mechanismus der Stimmlippenschwingung allgemein
 - b) Bewegung der Stimmlippen bei phonetischen Vorgängen
3. Stimmeinsätze
4. Bedeutung des Gaumenverschlusses bei der Stimmgebung
 - a) Velopharyngealer Verschluss
 - b) Gaumensegelbewegung während der Phonation

D) Bisherige Untersuchungen und Ergebnisse über subglottische, orale und nasale Druckverhältnisse

1. Direkte und indirekte subglottische Druckmessungen
2. Messungen des Oraldruckes
3. Untersuchungen und Messergebnisse über den Nasaldruck

E) Eigene Untersuchungen

I. Versuchsdurchführung

1. Aufgabenstellung
2. Methodik
3. Versuchsperson
4. Programm

II. Beschreibung der Geräte

1. Glottograph

- a) Entstehung und Bedeutung der Glottographie
- b) Technische Beschreibung

2. Druckreceptor

3. Doppelaerometer nach Smith

4. Registriergerät

III. Versuchsauswertung

IV. Ergebnisse

F) Diskussion und Literaturvergleich

G) Zusammenfassung

H) Literaturverzeichnis

I) Lebenslauf

J) Anhang

Kurvenbilder zur Dokumentation des Versuchsprogrammes

A) EINLEITUNG

Geschichte der experimentellen Phonetik

Die Geschichte der Phonetik kann in ihrem Ursprung bis in das Jahr 2000 v. Chr. zurück verfolgt werden. Erste gesicherte Beobachtungen über die Physiologie der Stimme sind aus dem 4. Jahrhundert v. Chr. überliefert. Aristoteles überträgt als erster seine Erkenntnisse auf die Methodik der Phonetik. Er gebraucht damals für seine Beschreibung des Kehlkopfes unterschiedlos die Bezeichnung Larynx und Pharynx. Als Glottis sieht er den gesamten Raum des Kehlkopfes an. Außerdem unterteilt er als erster die Stimmlaute in Vokale und Konsonanten, wobei er behauptet, die Vokale würden im Kehlkopf mit der Stimme erzeugt, die Konsonanten mit der Zunge und den Lippen.

Im Mittelalter kommt für den Larynx das Wort Epiglottis auf. Doch herrschen weiterhin ziemlich ungenaue Vorstellungen über die Einzelheiten der Zusammensetzung des Kehlkopfes.

Mitte des 16. Jahrhunderts zeichnet und beschreibt VESAL den Kehlkopf, die Bronchien mit ihren Bronchialverzweigungen als erster mit größerer Genauigkeit.

Als eigentlicher Begründer der experimentellen Stimmphysiologie ist ANTOINE FERREIN anzusehen. Er führt seine Untersuchungen 1741 an ausgeschnittenen Hundekehlköpfen durch, wobei er die Stimmbänder mit tönenden Harfensaiten vergleicht. Er erkennt die Bedeutung der Stimmlippen und sieht in ihnen den Tonerreger. Mit seiner Entdeckung der eigentlichen Schwingung der Stimmlippen schafft er damit ein Fundament in der Erforschung der Phonation. In der Folgezeit entstehen verschiedene Theorien der menschlichen Stimmgebung. Für die weiteren Erkenntnisse sind vor allem

die überragenden experimentellen Untersuchungen von J. MÜLLER (1837) von Wichtigkeit. Mit seinen exakten Beobachtungen und den daraus gefolgerten Erkenntnissen legt er den Grundstein für die neuzeitlichen Untersuchungen.

Nun tritt eine rasche Entwicklung in der Untersuchung des Kehlkopfes und seiner Funktion auf. 1840 verwendet LISTON, ein englischer Arzt, erstmals einen Kehlkopfspiegel zur Untersuchung seiner Patienten. In Wien (TÜRCK 1857) und Prag (CZERMAK) werden zu dieser Zeit bereits systematische Kehlkopfspiegelungen in den Kliniken durchgeführt. Beide sind damit als Begründer der "indirekten Laryngoskopie" anzusehen. Die "direkte Laryngoskopie" wird 1897 von KILLIAN in Freiburg durchgeführt, der Kehlkopf, Trachea und Bronchien mit dem Prinzip des starren Rohres untersucht und unmittelbar betrachtet.

Die weitere Entwicklung ist durch den Ausbau der Laryngostroboskopie, durch Röntgenologie und durch die elektroakustischen Untersuchungen der Stimme gekennzeichnet. Die 1878 von OERTEL entwickelte Stroboskopie, durch die auch die normalerweise nicht sichtbaren Stimmlippen-schwingungen erkennbar gemacht werden können, wird von KALLEN und POLLIN und später von H. LOEBELL technisch verbessert.

Mit Hilfe der Photographie untersucht 1911 erstmals KAHLER über die Optik eines Endoskopes die Bewegung der Stimmlippen festzuhalten. 1913 machen CHEVRETON und FLIES Aufnahmen der bewegten Stimmlippen auf dem Wege der Kinetographie, die durch HEGENER und PANCONCELLI-CALCIA auch bei ihren strobokinematographischen Betrachtungen in verfeinerter Anwendung Bedeutung erlangt. (nach LUCHSINGER)

1957 entwickelt der Biophysiker FABRE eine Methode zur Bewertung der Stimmlippenbewegungen. Er betrachtet die Stimmlippen als Platten eines Kondensators, die durch Anlegen eines hochfrequenten Wechselstromes jede Abstandsänderung in Form eines veränderten kapazitiven Widerstandes registrieren. E. LOEBELL und BALK modifizieren die Methode von FABRE in technischer Hinsicht und entwickeln ein Gerät das schnelle und langsame Stimmlippenschwingungen getrennt aufzuzeichnen vermag, den Glottographen.

B) ANATOMISCHE GRUNDLAGEN DES ATEM- UND STIMMTRAKTES

Der menschliche Stimmaparat ist prinzipiell vergleichbar mit einem Blasinstrument, in dessen Innerem ein Luftstrom, der aus einem sogenannten "Windraum" (Lunge, Bronchien, Trachea) durch einen von schwingungsfähigen "Lippen" (Stimmbänder) begrenzten Spalt hindurchströmt und den angrenzenden "Lufttraum" in Schwingungen versetzt. Die Schwingungen der Stimmbänder bewirken eine periodische Unterbrechung des Luftstromes und bestimmen so mit ihrer Frequenz die Höhe des Grundtones der "stimmhaften" Laute, wohingegen Form, Anordnung und Größe des angrenzenden "Luft-raumes" die Ober- oder Teiltöne des Klanges bestimmen und deshalb für den Charakter oder die Klangfarbe der Laute verantwortlich sind. Alle diese beteiligten Faktoren - Anblasedruck im "Windraum", Spannung der Stimmbänder und Form der Stimmritze, ihre Lage gegenüber dem Ansatzrohr, sowie Form und Größe dieses Ansatzrohres - spielen durch die Möglichkeit der gegenseitigen Beeinflussung eine wichtige Rolle in der Entstehung der menschlichen Lautgebung (LULLIES). Bevor wir uns näher mit den physiologischen Vorgängen in diesem System befassen, vorab eine anatomische Beschreibung der dazugehörigen Größen.

1. Ansatzrohr

Unter dem Ansatzrohr versteht man das gesamte oberhalb der Stimmritze gelegene Raumsystem: den Pharynx (Rachenraum), die Mundhöhle mit ihrem darin liegenden Bestandteilen (Lippen, Zähne, Zunge), sowie die paarigen Nasenhöhlen nebst Nasennebenhöhlen.

Der Pharynx, ein trichterförmiger Muskelschlauch, bildet einen gemeinsamen Vorraum für Luft- und Speiseröhre und

kann durch seine an der Vorderwand gelegenen Verbindungswege in drei Anteile untergliedert werden:

- a) Der Hypopharynx (pars laryngea pharyngis) stellt die tiefst gelegene Schlundgegend, die bis an den unteren Rand des Ringknorpels reicht und den retrolaryngealen Rachenabschnitt dar. Mittels des im oberen Teil nach vorne zu gelegenen Aditus laryngis (Kehlkopfeingang) hat er Zugang zum Kehlkopf. Rechts und links davon liegen taschenförmig ausgebuchtet die Recessus piriformis.
- b) Der Mesopharynx (pars oralis pharyngis) als nächst höher gelegener Abschnitt wird vom Gaumensegel von der Mundhöhle abgegrenzt, hat aber durch den Isthmus faucium Verbindung zu dieser.
Beim Sprechen und Schlucken kann diese Verbindung zum oberen Bereich, dem Epipharynx, unterbrochen werden, in dem sich das Gaumensegel hebt und gegen die Rachenhinterwand legt.
- c) Der Epipharynx (pars nasalis pharyngis) ist der oberste Rachenanteil. Neben seiner Öffnung zum Mittelabschnitt des Schlundes hat er mittels der beiden Choanen Verbindung zur Nasenhöhle. Zwei weitere Öffnungen, die Ostia pharyngea tubae, lassen beiderseits eine Verbindung in die Ohrtrumpete (tuba auditiva) und weiter ins Mittelohr erkennen. Hinter dem die Tubenmündung oben und hinten begrenzenden Tubenwulst, der dem Tubenknorpel entspricht, besteht eine weitere Ausbuchtung, der recessus pharyngeus, auch Rosenmüller'sche Grube, genannt.

Unterhalb der Tubenmündung liegt, hervorgerufen durch die Vorwölbung des musculus levator veli palatini, der Levatorwulst. Am Rachendach, das den Epipharynx unmittel-

bar von der Schädelbasis trennt, liegt zwischen den beiden zur Tube führenden Öffnungen die sich im Laufe des Lebens zurückbildende unpaare Rachenmandel (*tonsilla pharyngea*).

Die vor dem mittleren Rachenabschnitt gelegene Mundhöhle ist nach oben begrenzt durch den Gaumen (*palatum*), welcher wiederum in einen harten, knöchernen und einen aus Muskelmasse gebildeten weichen Gaumen unterteilt werden kann. Der harte Gaumen, der seitlich und vorn vom Zahnfortsatz des Oberkiefers umrandet wird, geht nach hinten in den weichen Gaumen über, welcher durch seine aktive Muskelbewegung am Schluckakt beteiligt ist. Auslaufend endet der weiche Gaumen im Gaumensegel (*velum palatinum*) an dem oben in der Mitte das frei bewegliche Zäpfchen (*uvula*) ausgebildet ist.

Die Basis der Mundhöhle wird durch den Mundboden, welcher aus Muskulatur besteht, und die oberhalb davon liegende Zunge gebildet. Umrandet werden beide durch den Zahnfortsatz des Unterkiefers. Die Zunge, die in diesem Raumsystem bei der Stimmgebung eine wichtige Rolle spielt, da ihre Form sehr wechselnd ist, wird unterteilt in Zungenwurzel, Zungenkörper und Zungenspitze.

Unter den Nasenhöhlen (*cavum nasi*) versteht man ein konstantes Hohlraumssystem, das aus knöchernen und knorpeligen Skeletteilen besteht. Rechte und linke Nasenhöhle beginnen vorn mit den Nasenlöchern (*nares*) und gehen dorsal in die *pars nasalis pharyngis* über. Der Naseninnenraum ist in drei Etagen, die Nasengänge, aufgeteilt. Mit den benachbarten Hohlraumssystemen, den Tränenwegen und den Nasennebenhöhlen, ist die Nasenhöhle verbunden. Die Verbindung mit den Tränenwegen erfolgt durch den Tränennasengang. Mit der Kieferhöhle, Stirnhöhle, Keilbeinhöhle

und den Siebbeinzellen besteht die Verbindung entweder mit einem der drei Nasengänge (z. B. hiatus semilunaris im mittleren Nasengang) oder dem recessus sphenothmoidalis, einem nach dorsal geschlossenen Blindsack, der zwischen der oberen Muschel und dem Nasenhöhlerdach liegt. (SOBOTTA, BECHER, LUCHSINGER)

2. Kehlkopf

Da es schwer fällt, die Funktion des Kehlkopfes bei den Vorgängen während der Phonation ohne Kenntnisse seines Aufbaues zu überblicken, wollen wir kurz auf seine Anatomie eingehen.

Das Gerüst des Kehlkopfes wird von vier Knorpeln gebildet, die teilweise gelenkig miteinander in Verbindung stehen:

Schildknorpel (cartilago thyreoides), Ringknorpel (cartilago cricoides) und die beiden Stellknorpel (cartilagine arytaenoides). Eingebettet in diesem System ist noch der als Stütze des Kehldeckels dienende Kehldeckelknorpel (cartilago epiglottidis) zu nennen.

Der große, in der Mitte des Halses einen Vorsprung bildende Schildknorpel umschließt schützend mit seinen zwei Seitenplatten das Innere des Kehlkopfes. Mit seinen zwei unteren Hörnern hat er eine gelenkige Verbindung mit dem hinten zu höher werdenden Ringknorpel. Dieser nach der Form eines Siegelringes benannte Knorpel besitzt beidseits schräg seitwärts gerichtet die ovalen Gelenkflächen für die Stellknorpel. Diese haben die Gestalt dreiseitiger Pyramiden, die mit ihrer Basis auf dem Ringknorpel ruhen. Die Wichtigkeit dieses Gelenkes besteht darin, daß in ihm Drehungen sowohl um die Längs- als auch um die Horizontal- und Sagittalachse durchgeführt werden können. Dadurch kann ein Auseinandergleiten und eine Kippbewegung der Stellknorpel nach vorne und hinten bewerkstelligt werden. Nach vorne

läuft die Pyramidenbasis in den processus vocalis aus, an dem das Stimmband befestigt ist. Nach der Seite richtet sich ein Vorsprung, der dem Ansatz von Muskeln dient (processus muscularis). An der oberen Ecke sitzt das Spitzenknorpelchen (cartilago corniculata). Der löffelfartige Kehildeckelknorpel, der an der Zungenwurzel entspringt, ist durch ein Band mit dem oberen Rand des Schildknorpels verbunden. Dieser wiederum weist beidseits ein nach oben, außen gerichtetes Horn auf, das mit dem an der Basis der Zunge liegenden Zungenbein artikuliert. Umhüllt wird dieser gesamte Apparat von Bändern und Muskeln.

3. Atemwege

Unter dem Ausdruck "Atmung" versteht man den Gasaustausch zwischen einem Lebewesen und seiner Umgebung. Dieser lebenswichtige Vorgang besteht chemisch gesehen in der Aufnahme von O_2 über die Atemwege in die Lunge und dem dortigen Austausch von CO_2 , das mittels des Blutes als Abfallstoff den Lungen zugeführt wird. Ausgeschieden wird das Kohlendioxyd mit der Ausatemungsluft.

Die Atmung kann unterschieden werden in eine äußere und eine innere Atmung (LUCHSINGER). Unter der ersten Bezeichnung wird der Austausch von O_2 und CO_2 am Hämoglobin des Blutes in den Lungenkapillargefäßen über die Alveolarwand verstanden. Der Gasaustausch zwischen Gewebezellen und dem diese umgebenden Flüssigkeitsmedium wird als innere Atmung bezeichnet.

Zu dieser primär lebensnotwendigen Bedeutung des Atemvorganges können wir als zweite Tätigkeit die Funktion beim Vorgang der Stimmbildung anfügen. Diese zweite Leistung wird im weiteren Verlauf noch eingehend besprochen werden.

Die Atemwege nehmen ihren Anfang mit den Nasenlöchern und der Öffnung des Mundes. Über die Nasen- bzw. Mundhöhle gelangt die eingeatmete Luft in den Rachenraum zum Kehlkopfeingang. Bis hierher erfolgt eine Anwärmung der Luft und gleichzeitig eine Filtrierung und Befeuchtung durch die feinen Haare am Naseneingang und die mit Schleim bedeckten Wände der Nasenhöhle.

Durch den beim Atmen geöffneten Kehlkopfeingang - nur beim Schluckakt schließt sich der Kehldeckel reflektorisch, wobei auch die Atmung angehalten wird - gelangt die Atemluft in die Luftröhre und anschließend in den Bronchialbaum. Die Luftröhre beginnt unter dem Ringknorpel in Höhe des sechsten Halswirbels und endet am oberen Rand des fünften Brustwirbels. An dieser Stelle gabelt sie sich in die beiden Hauptbronchien, die zu den entsprechenden Lungenflügeln verlaufen. (BENNINGHOFF)

Der Bronchialbaum kann in zwei Teile geteilt werden: Teil eins erstreckt sich von der Luftröhre über die immer enger werdenden Bronchien, den kleinen Bronchiolen bis hin zu den Endbronchiolen. In diesem Teil erfolgt nur der Lufttransport. Zum zweiten Teil, in dem wiederum nur die respiratorische Funktion ausgeübt wird, gehören:

Respiratorische Alveolen, Alveolargänge und Lungensäckchen, deren ganze Oberfläche dicht besetzt ist mit kleinen Ausbuchtungen. Ein Alveolargang mit seinen Verzweigungen wird als Lungenbläschen bezeichnet. Insgesamt hat man die Zahl solcher Lungenbläschen auf etwa 750 Millionen geschätzt.

C) FUNKTION UND PHYSIOLOGIE VON STIMMAPPARAT UND STIMMBILDUNG

I. Einstellfaktoren von Kehlkopf und Stimmlippen

1. Muskelapparat des Kehlkopfes

Im Hinblick auf die Bedeutung der Kehlkopfmuskulatur bei Phonationsvorgängen können wir uns weitgehendst auf die Beschreibung der Tätigkeit der inneren Muskulatur beschränken. Von der äußeren Muskelgruppe, die am Hals vorne vor dem Kehlkopf liegt, sei nur der zwischen Schild- und Ringknorpel liegende m. cricothyreoideus erwähnt. Er dient im wesentlichen zur Auf- und Niederbewegung sowie der Fixierung des Kehlkopfes in seiner entsprechenden Lage. Weiterhin ist er mit verantwortlich bei der Veränderung des über der Glottis gelegenen Resonanzraumes und damit für die Entstehung der Klangfarbe. Untersuchungen von SCHILLING zufolge spielt bei der Einstellung der Spannung der Stimmlippen noch der m. sternothyreoideus eine Rolle. Dieser Muskel bewirkt eine Rückkippung des Schildknorpels, wodurch die Ansatzpunkte der Stimmlippen einander näher kommen. Weit bedeutungsvoller für die Veränderung der Stimmritze an Gestalt und Weite sind die inneren Muskeln. Sie lassen sich in zwei Gruppen unterteilen:

a) Die Adduktoren- oder Sphinktergruppe

Sie sind nicht nur verantwortlich für eine Annäherung und Schließung der Stimmlippen, sondern auch für die Aufrechterhaltung der Spannung und Elastizität während der Phonation.

Die drei am Stellknorpel ansetzenden Muskeln sind:

m. cricoarytaenoideus lateralis

m. thyreoarytaenoideus, pars lateralis und pars vocalis

m. arytaenoideus

Der *m. cricoarytaenoideus lateralis* entspringt vom seitlichen Ringknorpelbogen und teilweise von der Außenfläche der *membrana cricothyreoides* und setzt an der vorderen Fläche des *processus muscularis* am Stellknorpel an. Durch Kontraktion zieht er letzteren nach vorn abwärts, so daß sich durch die gleichzeitige Einwärtsdrehung die Stimmbänder vom *processus vocalis* an berühren.

Der obere und seitliche Teil des Sphinktergürtels wird durch den *m. thyreoarytaenoideus* gebildet. Die *pars lateralis* entspringt von der Innenseite des Schildknorpels und zieht an die Seitenkante des Stellknorpels. Dieser Teil verschließt die Stimmritze zwischen den Stellknorpeln (*pars intercartilaginea*) und dient weiterhin zur Feineinstellung der Weite und Spannung der Stimmlippen.

Die innenliegende Muskelmasse (*pars vocalis*) des vorigen wird als eigener Stimmlippenmuskel (*m. vocalis*) angesehen. Die ihn aufbauenden Muskelfasern bilden ein kompliziertes System, dessen Züge ventral vom Schildknorpel und dorsal vom Stellknorpel aus sowohl schräg nach abwärts als auch aufwärts verlaufen und unter Kreuzung ihrer Fasern in das Stimmband einstrahlen. Diese muskuläre Verdickung ermöglicht einen kompletten Schluß der Stimmritze. Das Stimmband kann durch die in ihm inserierenden Muskelfasern in verschiedener Länge gespannt, gehoben, gesenkt und nach außen gezogen werden. Daraus erklärt sich auch eine Feineinstellung der *rima glottidis* hinsichtlich ihrer Form und Spannung ohne eine Veränderung der Stellknorpel. Wenn ein geschwächter *m. vocalis* übermüdet ist, kommt es zu einem Überschnappen der Stimme, wobei die Bruststimme in die Kopfstimme umschlägt. (BENNINGHOFF)

Der m. arytaenoideus transversus und obliquus setzt an den Rückflächen der Aryknorpel und dem proc. muscularis an. Bei Kontraktion nähern sich die beiden Stellknorpel; es kommt zu einem Verschuß der pars intercartilaginea der Stimmritze.

b) Die Öffnergruppe

Als einzigem Antagonisten zur Schließmuskelgruppe obliegt dem paarigen m. cricoarytaenoideus posterior, auch "Posticus" genannt, die Erweiterung der Stimmritze. Als flächenartiger Muskel entspringt er von der hinten am Kehlkopf gelegenen Platte des Ringknorpels und zieht, sich verjüngend, zum Muskelfortsatz der Stellknorpel. Er ist funktionell vor allem für die Atmung wichtig, da er beim Einatmen durch Zusammenziehen die Aryknorpel nach außen dreht und die Stimm Lippen öffnet.

2. Innervation des Kehlkopfes

Die nervale Versorgung des Kehlkopfes und Schlundes wird ausschließlich durch den n. vagus gewährleistet. Vom ganglion inferius zweigen sich Fasern ab und laufen als n. laryngeus superior zur membrana thyreo-hyoidea. Hier erfolgt eine Teilung in einen motorischen und sensiblen Ast. Erstgenannter, ramus externus, versorgt den m. cricothyreoideus und die unteren Schlundschnürer. Der sensible ramus internus durchbohrt die membrana thyreo-hyoidea und ist verantwortlich für die Versorgung der Schleimhaut der Epiglottis bis zum Zungengrund und des Kehlkopfinneren bis hinab zur Stimmritze. Mit einer Anastomose hält er Verbindung zum n. laryngeus inferior.

(BENNINGHOFF-GOERTTLER)

Der untere Teil des Kehlkopfes wird sensibel durch den aus dem Brustteil des Vagus entspringenden n. laryngeus recurrens innerviert. Dieser Nerv schlingt sich rechts um die a. subclavia und links um den Aortenbogen und gelangt rück-

läufig nach oben zum Kehlkopf. Sein n. laryngeus genannter Endast teilt sich am Kehlkopf in einen hinteren und vorderen Ast, welche beide die gesamten übrigen Kehlkopfmuskeln (außer dem oben genannten m. cricothyreoideus) nerval versorgen. Er spielt in der Stimmgebung eine wichtige Rolle. Dies wird auch bei einer evtl. Verletzung deutlich (z. B. Schilddrüsenoperation), was sich in einer heiseren Stimme äußert, da durch die Lähmung des betroffenen Stimmbandes eine Einstellbewegung zur Phonation gestört ist.

II. Stimmbildung

Jeder Stimmeinsatz ist das Resultat einer genauen Koordination des subglottischen Druckes und der entsprechenden Einstellung der Stimmbänder. Auf Grund röntgenologischer, stroboskopischer und kinematographischer Aufnahmen des Kehlkopfes und Untersuchungen mittels der Glottographie kann man den Stimmechanismus mit ziemlicher Genauigkeit beschreiben.

1. Atmung und subglottischer Druck als Grundfaktoren

Die Energie für die Betätigung des Phonationsapparates wird von dem Luftstrom geliefert, der durch die Ausatmung erzeugt wird. Dieser Vorgang wurde, da er von grundlegender Bedeutung ist, sorgfältig experimentell untersucht, wobei die Atembewegung analysiert, sowie der Druck im Windraum und der Luftverbrauch registriert wurden. Da es nach PANCONCELLI-CALZIA "keine zwei Menschen gibt, bei denen das Atmungsorgan in allen anatomisch-physiologischen Einzelheiten gleich gebaut und leistungsfähig ist", folgert er daraus, daß die Atmung ein individueller Vorgang ist, ohne Norm für Funktionen des Atemvorganges. Es gilt jedoch, nur die verschiedenen Aufteilungen einer Atembewegung zu berücksichtigen, ebenso wie den Unterschied zwischen stummer Atmung und der Sprech- oder Singatmung.

a) Stumme Atmung und Stimmatmung

PANCONCELLI-CALZIA unterteilt den Atemtyp eines Menschen in Vollatmung, thorakale oder abdominale Atmung, je nachdem ob das Atmungsorgan in seiner Gesamtheit, oder bevorzugt der obere oder untere Teil gebraucht wird. Nach seiner Aussage müßte ein ideales Pneumogramm gleichhohe Atmungsexcursionen im Abdominal- und Thorakalbereich

zeigen. Die Messungen von SCHILLING, die er mit Hilfe eines Diaphragmographen durchgeführt hat, ergeben bei der tiefen Atmung einen Zwerchfellanteil von 20 % gegenüber dem Anteil der Brustatmung bei Betrachtung des Gesamtvolumens, wobei der Zwerchfellanteil beim weiblichen Geschlecht nur 15 %, beim männlichen etwa 35 % beträgt. Als gemischten Atemtyp bezeichnet er eine Atmung, deren Verhältnis des Bewegungsumfanges von Zwerchfellkuppe und 5. Rippe zwischen 2 : 1 oder 3 : 1 liegt. Ist das Verhältnis kleiner, spricht man von einem thorakalen Atemtyp, wird es größer, von einem abdominellen Atemtyp.

Betreffs des Volumens der stummen Atmung ist man heute davon abgekommen zwischen der Vitalkapazität der Männer und Frauen einen größeren Unterschied zu sehen. Infolge der zunehmenden sportlichen Tätigkeit hat die Vitalkapazität allgemein zugenommen, so daß die früheren Durchschnittswerte von 2500 cm^3 beim Mann und 2000 cm^3 bei der Frau ihre pauschale Gültigkeit verloren haben.

Die pneumographischen Untersuchungen von GUTZMANN geben uns neben den oben erwähnten Ergebnissen von SCHILLING einen Einblick über das Verhalten der Atmung während der Phonation. Beide finden, daß beim Sprechen die Amplitude einer Atemkurve im Brustbereich mehr zunimmt als im Bauchbereich und daß die Kurve der Abdominalatmung bereits wieder abzusinken beginnt, während die Thorakalatmungskurve noch ansteigt. Weiterhin zeigen die Kurven, daß die Inspiration auf einen kürzeren Zeitraum zusammengedrängt wird, während sich die Expirationsdauer entsprechend der Dauer der gesprochenen Periode verlängert. Beim gewöhnlichen Sprechen liegt das Verhältnis von Einatmungs- zu Ausatemungsdauer bei 1 : 6 bis 1 : 7. (RANKE, LULLIES)

PANCONCELLI-CALZIA bezieht bei seinen Untersuchungen die psychische Komponente mit ein. Er findet, daß die Atemfrequenz bei Versuchspersonen beim Vorlesen eines Textes zwischen sechs- bis siebenundzwanzigmal in der Minute differiert, beim Zählen dagegen nur zwei- bis dreizehnmal. Den großen Frequenzunterschied erklärt er damit, daß sich die Versuchspersonen beim Vorlesen vom Inhalt beeinflussen haben lassen und die Frequenz der Auslegung des Gelesenen angepaßt haben. Der psychische Faktor ist in diesem Fall dem physiologischen untergeordnet. Beim Reihensprechen von Zahlen hingegen, ergibt sich eine deutlich geringere Frequenzbreite, was als Dominanz des physiologischen Faktors ausgelegt wird. (LULLIES)

Über den durchschnittlichen Atemvolumenverbrauch und über die Beziehung zwischen Ein- und Ausatmung bei der Phonation gewinnen GUTZMANN und LOEWY, PANCONCELLI-CALZIA und HÜLSE die Erkenntnis, daß wesentlich weniger Luftvolumen aus- als eingeatmet wird. Das Verhältnis zwischen eingeatmeter Luftmenge zu ausgeatmeter Luftmenge beim Sprechen und Singen liegt nach GUTZMANN und LOEWY bei $1 : 0,53$, nach PANCONCELLI-CALZIA bei $1 : 0,87$ und HÜLSE findet ein Ergebnis von $1 : 0,77$. Nach GUTZMANN und LOEWY ist dieses Erscheinungsbild durch das Ansteigen der CO_2 -Spannung im Blut bis zur oberen Grenze der venösen Blutgas-Spannung mit der dadurch einsetzenden, erzwungenen Inspiration beschrieben.

HÜLSE erklärt den Vorgang eingehender: Die Versuchsperson strebt danach, möglichst tief einzuatmen, in der Absicht lange zu phonieren. Dadurch bedingt, kommt es zu einer verlängerten Überspannung der Einatmungsmuskulatur, die sich nur sehr langsam entspannen kann. Dies bedeutet eine unnütze Arbeitsleistung, die nach kurzer Zeit Ermüdung

hervorrufen und eine unvermeidliche Zunahme des CO_2 -Gehaltes im Blut nach sich zieht. Da die Versuchsperson in dem Bestreben, recht lange zu phonieren, die CO_2 -Bildung mit einer neuen Sauerstoffzufuhr nicht ausgleichen kann, wird über kurz oder lang die Reizschwelle erreicht, und eine zwangsweise Einatmung ausgelöst. Bei weiteren Untersuchungen findet sie, daß das Verhältnis von eingeatmetem zu ausgeatmetem Luftvolumen beim Vorlesen und Zählen völlig unabhängig von der Größe der Vitalkapazität ist.

b) Subglottischer Druck

Der Luftdruck in der Trachea unterhalb der Stimmbänder stellt die treibende Kraft für den Luftstrom dar, die unter Miteinbeziehung der elastischen Kräfte der Stimmbänder die Stimmbandschwingungen erzeugt. Der Respirationstrakt ist als Röhre mit vielfachen Endverzweigungen zu sehen, die mit der Außenwelt in Verbindung steht. Befindet sich der Thorax in Ruhe, ist der Druck im Inneren des Atemtraktes gleich dem äußeren atmosphärischen Druck. Sobald er sich aber erweitert, somit also Außenluft inspiriert wird, sinkt der Luftdruck in den Atemwegen unter den Atmosphärendruck. Beim Zusammenfallen des Brustkorbes wird die Luft ausgepreßt. Es kommt zu einer Steigerung des Druckes im Röhrensystem über den atmosphärischen Druckwert. Unterschiedliche Druckschwankungen werden in der Hauptsache verursacht:

1. Von dem Ausmaß und der Geschwindigkeit, mit welcher die inspiratorische bzw. expiratorische Volumenänderung des Brustraumes erfolgt.
2. Von den Widerständen, denen der Luftstrom während der Atmung ausgesetzt ist. Sie setzen sich zusammen aus der Reibung an den Wänden der Luftwege und den physiologischen Strömungshindernissen, von denen die Glottis das wesentlichste darstellt. (HASSLINGER)

Deshalb ist in beiden Atemphasen die Abweichung vom Atmosphärendruck in den tieferen Partien der Luftwege deutlicher als in den Eingangshohlräumen, Nase und Mund. also. Da aber in den Luftwegen unvermittelt Verengungen auftreten, z. B. die Glottis, die zu plötzlichen Druckveränderungen führen, werden auch die Druckschwankungen in der Trachea und in den Bronchien größer.

Sind die Stimmbänder nun in einer gewissen Phase der Phonation geschlossen, so kommt es unterhalb der Glottis zu einem Druckanstieg. Erst wenn der Druck diesen Widerstand übertrifft, kommt es zu einer Sprengung des Stimmlippenverschlusses. Durch die vergrößerte Öffnung strömt mehr Luft aus, der Druck sinkt und die Elastizität der Stimmbänder führt diese wieder näher zusammen, worauf sich der Vorgang wiederholt. (LULLIES)

GUTZMANN und LOEWY finden, daß der Druck mit einer Zunahme der Tonstärke steigt, wodurch ein verstärktes Anblasen der Stimmlippen verursacht wird. Bei leiser Angabe des Vokales A auf den Ton a (216 Hz) beträgt er fünf bis sechs cm H_2O , bei lauter Stimme sechzehn cm H_2O . Bei der Falsettstimme finden sie erheblich niedrigere Werte. Ähnliche Ergebnisse hat SCHILLING bei seinen Druckmessungen an einem Patienten mit Trachealfistel festgestellt. Beim Singen des Vokales A im Brustregister finden SCHILLING und auch KICKHEFEL höhere Druckwerte als beim normal lauten Sprechen. Der Grund dafür, daß der subglottische Druck bei der Falsettstimme niedriger ist als bei der Bruststimme, ist darin zu sehen, daß bei der Bruststimme jede einzelne Schwingung von der folgenden durch den absoluten Schluß der Stimmlippen getrennt wird, was im Falsett nicht gegeben ist.

Eine Sonderstellung nimmt das Flüstern ein. Bei jeder Art von Flüstern ist der subglottische Druck selbst gegenüber leiser Stimmgebung außerordentlich niedrig.

Die Höhe des subglottischen Druckes bei der Phonation ist, wie wir sehen, von einer Reihe von Faktoren ursächlich abhängig, nämlich:

Von Stimmstärke, Stimmregister, Tonhöhe und vom Stimmeinsatz, ob gesungen und gesprochen wird, ferner vom Grad der Verengung des Ansatzrohres. (GUTZMANN, LOEWY, LULLIES)

2. Stimmlippenschwingung

Die Schwingungen der Stimmbänder bei der Erzeugung stimmhafter Laute sind nach allgemeiner Auffassung "selbsterregte Schwingungen". Ein schwingendes System regelt die von einer Energiequelle nachströmende Energie und wird durch diese im Schwingen erhalten. (LULLIES)

a) Mechanismus der Stimmlippenschwingung allgemein

Als erster beschreibt 1741 FERREIN die Vorgänge der Stimmlippenschwingung an Hand seiner an einem angeblasenen Leichenkehlkopf durchgeführten Untersuchung. Anfänglich wurde der Mechanismus der Stimmlippenschwingungen mit dem der Zungenpfeife verglichen. Bei einer solchen Pfeife befindet sich über oder in einer rechteckigen Öffnung zwischen Windraum und Luftraum ein dünner, federnder Metallstreifen. Dieser verschließt beim Durchschlagen durch die Öffnung oder beim Aufschlagen auf den Rahmen der Öffnung diese vorübergehend und liefert so beim Anblasen durch den Luftstrom die Bedingungen für das Auftreten selbst erregter Schwingungen. Direkte Beobachtungen an herausgeschnittenen Kehlköpfen zeigen, daß die Stimmlippen entgegen dieser Theorie nicht in Richtung des Luftstromes schwingen, sondern im wesentlichen senkrecht zu ihm. Die darauffolgende Vorstellung, daß sich das Schwingungssystem aus gegenschlagenden Zungen zusammensetzen müßte, führt zu der Vermutung, daß Stimmlippen wie ein Polsterpfeifensystem mit horizontal

gegeneinanderschlagenden elastischen Polstern funktionieren würde. Diese Theorie, die durch die Konstruktion solcher Polsterpfeifen von EWALD gegen Ende des 19. Jahrhunderts gestützt wird, ist auch heute noch grundlegend für die aerodynamischen Vorgänge gültig. (nach LULLIES)

Nach Untersuchungen von RETHI und MUSEHOLD wird allgemein die Auffassung vertreten, daß die Stimmlippenschwingungen neben ihrer Horizontalbewegung auch eine Aufwärtsbewegung durchlaufen, wobei die Seitwärtsbewegung überwiegt. Außerdem vollzieht sich in der Stimmlippe während des Schwingungsvorganges eine erhebliche Massenverschiebung.

WULLSTEIN stellt fest, daß die Stimmlippenschwingung mit einer Aufwärtsbewegung der geschlossenen Stimmlippen beginnt, und daß letztere während der Dauer der Phonation nicht in ihre eigene Ruhelage zurückkehren, sondern nur bis in eine Nullage, bei der die Stimmritze zwar geschlossen ist, die Stimmlippen jedoch aufgewölbt bleiben. Bei seinen Untersuchungen über die Glottisbewegung, die er mittels der Schattenmethode durchführt, unterscheidet er erstmals eine Öffnungs- und Schließungsphase. Während die Kurve der Stimmritzenöffnung eine kurzdauernde, scharfwinkelig begrenzte Öffnungsphase zeigt, beweist die Schattenkurve, daß der Bewegungsvorgang innerhalb der Stimmlippe durch entsprechende Massenverlagerung mit fließendem Übergang des Rückschwunges in den Vorschwung erfolgt. Bei diesem Bewegungsvorgang scheint die erste Berührungsstelle der Stimmlippen beim Rückschwung im Bereich des an der Unterfläche gelegenen elastischen Faserzuges zu liegen, der durch die Aufwölbung und Massenverlagerung am weitesten medial zu liegen kommt. Das Verhältnis der Dauer von Öffnungs- und Schlußphase ist beim Menschen 1 : 1.

Inzwischen konnte mittels der High-Speed-Camera der Bell Telephone Co. dieser Vorgang auf dem Film bei 4000 Bildern

pro Sekunde deutlich festgehalten werden.

KIRIKAE beschreibt mit Hilfe eines Stroboscinos die Bewegungsvorgänge an den Stimmlippen während der Öffnungs- und Verschußzeit wie folgt: "Die im Moment der Stimmritzenöffnung auftretenden Verdickungen der Stimmlippenränder verschieben sich allmählich wellenförmig lateralwärts auf der Oberfläche, um zuletzt ganz zu verschwinden. Daher sind im Augenblick der größten Stimmritzenweite ihre Ränder mehr nach unten vertieft. Die Schleimhautoberfläche verschiebt sich medial unterhalb der Stimmritze; deshalb ist die ovale Vertiefung und die Stimmritze zu sehen. Bei der Schließungsphase treten die subglottischen Partien lateralwärts etwas wulstartig nach median hervor. Ihre Ränder werden allmählich dünner und nähern sich einander, bis sich schließlich die Stimmritze vollständig in der Medianlinie schließt. "

Der Rückschwungmechanismus der Stimmlippen ist nach der Theorie TONNDORFS abhängig von der Elastizität der Stimmlippen, sowie dem durch die Stimmlippen fließenden Luftstrom, welcher letztere durch Sogwirkung zusammenführt. Während der Verschußzeit stehen die Stimmlippen nicht still, was durch die Bewegung der Lichtreflexe auf der Stimmlippenoberfläche bewiesen wird. (nach BERENDES)

b) Bewegung der Stimmlippen bei phonetischen Vorgängen
Vor Beginn der eigentlichen Phonation erfolgt die Einstellung der Stimmlippen zu diesem Vorgang. Die Verhältnisse im Kehlkopf und an den Stimmlippen differieren hierbei je nach Gebrauch und Klang der Stimme. Der Kehlkopf wird vor Ankommen des Anblasedruckes durch den Muskelapparat in die für die jeweilige Lautbildung gewünschte Form gebracht. (NOLD) Dabei wird nicht nur die Spannung und Länge der Stimmlippen eingestellt, sondern auch der Stimmlippenabstand.

Bei tiefen Tönen verursacht die Außenrotation der Aryknorpel eine Öffnung der Stimmritze in Form eines langen gleichschenkeligen Dreiecks, wobei die pars intercartilaginea als Basis anzusehen ist. (LUCHSINGER) Die Bewegungen der Stimmlippen sind bei einer allgemeinen Entspannung durch langsame und ausholende, gegeneinandergerichtete Schwingungen gekennzeichnet.

Bei Tönen im Brustregister schwingen die Stimmlippen nicht nur aufeinander zu, sondern legen sich mit ihren Rändern breit aneinander. (LULLIES) Mit steigender Tonhöhe erfolgt durch die Tätigkeit des Sternothyreoideus-Cricothyreoideus-Systems eine zunehmende Spannung der Stimmlippen, welche ab einer gewissen Tonstufe an einen fast parallelen Verlauf haben. Für diese allmähliche Schließungsbewegung ist die Innenrotation der Aryknorpel verantwortlich. (SCHILLING, LUCHSINGER, BERENDES) Der Moment des Verschlusses kann je nach Anlage des Stimmorganes verschieden ausfallen. Es tritt infolge der verstärkten Spannung eine deutliche Verkürzung des schwingenden Anteils der Stimmbänder ein, wobei der hintere Teil der Stimmritze bei weiterer Phonation geschlossen bleibt. (LULLIES, RANKE) Bei Erreichung einer Maximalspannung und -verkürzung der Stimmlippen setzt ein neuer Stimmechanismus ein, den PRESSMANN den "Dämpfungsprozess" nennt. Hier setzt, da eine weitere Bewegung der einander vollständig genäherten Aryknorpel entfällt, die Tätigkeit des m. vocalis ein. GOERTLER und nachfolgend BERENDES stellen an Hand ihrer Untersuchungen fest, daß Teile des Stimmlippenmuskels neben dem Längsverlauf einen schrägen Faserverlauf besitzen und an der Stimmlippe selbst ansetzen, bzw. sich in sie einflechten. Hierdurch ist es vorstellbar, daß einzelne Segmente der Stimmlippen die Leistung der Stimme bei

ihrer feinen und variablen Gestaltveränderung maßgebend beeinflussen. (n. LUCHSINGER)

Bei tönender Kopfstimme berühren sich die Stimmlippen nicht mehr, sondern weichen wieder weiter auseinander, besonders im mittleren Teil, so daß eine spindelförmige Stimmritze zustande kommt. Dabei schwingen nur die Ränder der rima glottidis, wohingegen die Hauptmasse in Ruhe bleibt. Wird die Tonhöhe im Falsett weiter gesteigert, nimmt die Spannung der Stimmbänder nach LULLIES weiter zu, so daß ähnlich wie bei den höchsten Tönen der Bruststimme nur die vorderen zwei Drittel der Stimmbänder in Schwingung gebracht sind. Die Schwingungen des Systems sind im Falsett labiler und von Druck und Geschwindigkeit des Anblasestroms in höherem Maße abhängig als in der Bruststimme.

LUCHSINGER findet bei seinem laryngoskopischen und tomographischen Untersuchungen an ausgebildeten Tenören, daß die Stimmritze im Falsett bei entspannter Glottis in allen Schwingungsphasen offen gehalten wird.

Beim Flüstern kann die Stimmritze verschiedene Gestalt haben. Als bezeichnend hat sich das sogenannte "Flüsterdreieck" erwiesen, bei dem die Glottis eine Y-Form einnimmt. Im rückwärtigen Stimmlippenanteil, zwischen den Aryknorpeln, entsteht dabei eine dreieckige Lücke, während die Stimmbänder in der vorderen Hälfte dicht aneinander liegen. Das Flüsterdreieck beruht auf einer Nichtanspannung des m. interarytaenoideus. Die Stimmritze verengt sich umso mehr, je lauter geflüstert wird. Bei dieser Phonationsart wird der durch die geöffnete Stimmritze durchtretende kontinuierliche Luftstrom nicht durch die Schwingungen der Stimmbänder unterbrochen oder deformiert. Es kommt zu einem unvollkommenen Anblasen der Resonanzräume, wodurch die Flüsterstimme mehr oder weniger nur Geräuschcharakter hat. (RANKE-LULLIES, LUCHSINGER)

3. Stimmeinsätze

Der zu Beginn der Phonation eintretende akustische Effekt welcher sich je nach Einstellung der Stimmritze ergibt, wird Stimmeinsatz bezeichnet. (LUCHSINGER-ARNOLD) Er ist das Ergebnis einer sorgfältig aufeinander abgestimmten Koordination des subglottischen Druckes und der jeweiligen Einstellbewegung im Bereich der Stimmlippen und des Ansatzrohres.

Nach Art des Beginns der Stimmgebung unterscheidet man drei hauptsächliche Möglichkeiten des Stimmeinsatzes: den gehauchten, den weichen oder leisen und den harten Stimmeinsatz. HÜLSE stellt fest, daß der Luftverbrauch bei den verschiedenen Stimmeinsätzen in der Reihenfolge gehaucht, gepreßt, weich, hart abnimmt. Die verschiedenen Einsätze stehen in Abhängigkeit von dem Verhalten der Stimmlippen zu Beginn der Phonation.

Beim gehauchten Einsatz gehen die Stimmlippen von der Expirations- oder Hauchstellung, die meist durch die Dreiecksform der Stimmritze gekennzeichnet ist, in die Phonationsstellung über. Geht diese Änderung rasch vor sich, so ist unmittelbar vor Erklängen der Stimme ein leises Reibegeräusch, das als "Spiritus asper" bezeichnet wird, zu hören. (RANKE- LULLIES, LUCHSINGER)

Beim weichen Einsatz legen sich die Stimmlippen sehr langsam (HUBER) fast parallel zu einem schmalen elliptischen Spalt zusammen. Die Stimmlippenschwingung beginnt mit der Öffnung der Stimmritze. Der sich allmählich verstärkende Atemdruck bedingt gleichmäßige, zunehmende Schwingungen der Stimmlippen, die dem weichen Einsatz die charakteristische Prägung verleihen.

Der harte Einsatz wird mit einem raschen Schluß der Stimmlippen vor der Phonation eingeleitet. Durch den nun erhöhten Atemdruck muß in der Folgezeit zwangs-

läufig ein Sprengen der Stimmritze erfolgen. Das dabei entstehende knackende Geräusch wird als Glottisschlag bezeichnet und leitet den Stimmklang ein. (LUCHSINGER, HUBER)

4. Bedeutung des Gaumenverschlusses bei der Stimmgebung
Der Gaumen nimmt unter den Sprechorganen eine bedeutende Stellung ein. Durch die Hebung und Anspannung des Gaumensegels erfolgt während des Schluckvorganges eine Trennung zwischen Nahrungskanal und Luftwegen, während bei der Atmung der weiche Gaumen erschlaffen muß, um eine Verbindung von der Nase über den Nasenrachen und den Kehlkopf zur Luftröhre zu schaffen.

Als sekundäre Funktion verhindert das velopharyngeale Ventil des Gaumenverschlusses eine unerwünschte Nasenresonanz während der Artikulation von Mundlauten. Sobald ein Nasenlaut das Mittönen der nasalen Resonanz erforderlich macht, sinkt das Gaumensegel wieder herab. (LUCHSINGER-ARNOLD)

a) Velo-pharyngealer Verschluß

Bei näherer Betrachtung der Mechanik des velo-pharyngealen Verschlusses lassen sich am Gaumensegel zwei Teile unterscheiden: ein horizontaler, vorwiegend muskulöser Abschnitt und ein dünner muskelarmer, vorwiegend drüsenreicher vertikaler Teil. Am Übergang erscheint während der Gaumenhebung ein Knie, das die Abschlußstelle zwischen Rachen und Nasenrachen beim Schlucken und Sprechen markiert. Die beiden für den Schluß verantwortlichen Muskelsysteme sind die mm. tensor und levator veli palatini einerseits und die Schließmuskeln des Rachens andererseits.

Die erste Gruppe bewegt das Gaumensegel nach rückwärts und aufwärts, während sich die Rachenschließmuskeln nach vorne kontrahieren. (KORNER, WARDILL nach LUCHSINGER-ARNOLD) Diese gesamte, durch zahlreiche Fasern mitein-

ander verbundene Muskulatur des Rachens wirkt dabei an allen Bewegungen des Gaumenverschlusses gemeinsam mit, sowohl den reflektorisch bedingten wie Schlucken und Würgen, als auch den willkürlichen beim Sprechen und Singen. ARNOLD kann bei Betrachtung des phonatorischen Abschlusses des Rachens mit Hilfe eines Epipharynxspiegels oder Pharyngoskopes drei Komponenten erkennen:

Hinterer Verschuß: Der Passavantsche Wulst, gebildet aus Fasern des m. constrictor pharyngis cranialis, wölbt sich verschiedenartig in Form eines vorne offenen Halbringes vor. Er ist in den meisten Fällen von Gaumenspaltenbildung deutlich ausgeprägt, wohingegen er bei Gesunden weniger gut sichtbar ist.

Seitlicher Verschuß: Von den beiden seitlichen Rachenzwänden schiebt sich jeweils eine vertikale Falte gegen das Lumen vor. Gebildet wird diese Falte teils von den Levatorwülsten, teils von den zwischen Rachen und Zäpfchen gelegenen mm. pharyngo-staphylini. Unterstützend wirken gleichzeitig die an Dicke zunehmenden hinteren Gaumenbögen. HARRINGTON sieht als wichtigste Komponente der seitlichen Verengung den m. salpingo-pharyngeus. (nach LUCHSINGER-ARNOLD)

Vorderer Verschuß: Hierfür ist das Gaumensegel verantwortlich zu machen. Indem es sich hebt und kontrahiert, engt es das Lumen ein, wobei es ungefähr 0,5 cm über dem Ansatz der Uvula rechtwinklig abgelenkt erscheint. Die Spitze des solchermaßen entstehenden Winkels legt sich an den Passavantschen Wulst. (GUTZMANN) Durch Zusammenziehung des m. azygos uvulae entsteht eine senkrechte Vorwölbung in der mittleren Hinterfläche des weichen Gaumens. Diese vertikale Verdickung beteiligt sich schließlich als letzte Sicherung am Verschuß des nasopharyngealen Ganges. (LUCHSINGER-ARNOLD)

b) Gaumensegelbewegung während der Phonation

Die Bewegung des Gaumensegels, das als Muskel eine gewisse Ruhestellung einnimmt, unterliegt nach Beobachtung von E. MÜLLER dem psychomotorischen Einfluß. Es stellt sich heraus, daß die Bewegungen des Gaumensegels synchron mit den Lippenbewegungen ablaufen. Bei der Betrachtung der Bewegungskurve eines zitierten Sprichwortes zeigt sich deutlich, daß dem hier zum Ausdruck gebrachten Gedanken ein entsprechender einheitlicher motorischer Vorgang zu Grunde liegt. Unter dem Einfluß des Sprechwillens erfolgt bereits eine Anhebung des Gaumensegels, bevor sich die Lippen zum anlautenden Konsonanten des Wortbeginns schließen. Das Gaumensegel wird also bereits vor der eigentlichen Artikulationsbewegung angehoben.

NADOLECZNY nennt diese Bereitstellung aller am Sprechvorgang beteiligten Muskelsysteme "Artikulationsbasis", GUTZMANN "Gesamtveränderung". Aus dieser Bereitschaftstellung erfolgt die Artikulation durch Abschwächung oder Zunahme des Gaumensegeltonus, woraus als Funktion der Zeit eine regelmäßige Wellenbewegung resultiert.

In dieser entsprechen die Wellenberge den Verschlußlauten, wohingegen die Aussprache von Resonanten durch Wellentäler gekennzeichnet ist. Dabei nimmt das Gaumensegel stets eine Stellung ein, in der vom Mund zum Nasenrachen gerade eine schmale Verbindung zustande kommt. Ist der Sprechvorgang abgeschlossen, so kehrt das Gaumensegel wieder in seine Ausgangsstellung, also den Zustand völliger Erschlaffung, zurück.

Beim reproduktiven Sprechen, wenn vor- und nachgesprochene Worte unmittelbar aufeinanderfolgen, bleibt das velum ebenso während der Sprechpause gehoben. (MÜLLER E.)

Dabei wird die Spannung des Gaumensegels augenscheinlich durch die Aufmerksamkeit und inneres Mitsprechen bis zum Schluß des Sprechvorgangs beibehalten, wobei das jeweilige Gaumensegelniveau in der Sprechpause abhängig ist von dem folgenden Anlautvokal.

FRITZELL verdeutlicht diese Beobachtung noch durch elektromyographische Untersuchungen. Es zeigt sich, daß der m. levator- und der m. tensorveli palatini in Ruhestellung ohne Aktivitätszeichen sind; kurz vor dem Sprechvorgang kommt es zur gleichzeitigen Aktivität beider Muskeln. Die Dauer dieser "Ruheperiode" vor dem Sprechvorgang ist wiederum abhängig von den jeweiligen Lauten.

(nach SCHLOEMILCH)

D) BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN UND ERGEBNISSE ÜBER SUBGLOTTISCHE, ORALE UND NAsALE DURCKVERHÄLTNISSE

1. Direkte und indirekte subglottische Druckmessungen

In den letzten eineinhalb Jahrhunderten versuchten viele Autoren die Druckvorgänge, welche bei der Atmung und Phonation im subglottischen Bereich vorherrschen, zu ergründen. Immer wieder gelang es durch neuere, in der Methodik verfeinerte, Untersuchungen genauere Ergebnisse zu erstellen.

BÖHME faßt die bisherigen verschiedenen Untersuchungsmethoden wie folgt zusammen:

- a) Untersuchungen an tracheotomierten Patienten
- b) Mit einem Katheter, der durch die Glottis geführt wird, bestimmt man den subglottischen Druck
- c) Messung des subglottischen Druckes durch Punktion des subglottischen Raumes mit einer Tracheal- oder entsprechend zurechtgeschliffenen Sternalpunktionkanüle (LOEBELL)
- d) Indirekte Bestimmung durch Messung des Ösophagusdruckes

Erste Angaben über den Atemdruck unterhalb der Glottis werden Anfang des 19. Jahrhunderts von ARON gemacht. Er nimmt an drei, von Larynxstenosen betroffenen Patienten zahlreiche Messungen vor, wobei er eine gefensterte Kanüle luftdicht mit einem Manometer verbindet. Es ergeben sich bei ruhiger Atmung Mittelwerte, die bei Einatmung zwischen -2,08 und -6,65 mm Hg, bei Ausatmung zwischen +1,23 und +6,29 mm Hg liegen. Für den relativ großen Unterschied der Meßergebnisse werden allgemein eine wahrscheinlich verschieden große Atemintensität und Mängel in der Versuchsanordnung verantwortlich gemacht.

Die von ROUDET um die Jahrhundertwende bei angeblich ruhiger Atmung gemessenen Werte sind mit $-1,46$ mm Hg bei Inspiration und $+2,92$ mm Hg bei Expiration angegeben.

GUTZMANN, LOEWY und SCHILLING verwenden Anfang der 20er Jahre für ihre Messungen ebenfalls Patienten mit chronischen Larynxstenosen, wobei sie aber im Vergleich zu ARON deutlich niedrigere Werte finden. Bei ruhiger Atmung werden bei Ein- und Ausatmung $-0,73$ mm Hg, bzw. $+0,73$ mm Hg registriert. SCHILLING gibt als Werte für die ruhige Atmung durch den Mund $-1,65$ mm Hg bei Inspiration und $+1,60$ mm Hg bei Expiration an.

HASSLINGER wählt für seine Untersuchungen zwei Patienten aus, die infolge eines Larynxödems tracheotomiert sind. Bei beiden Patienten herrschen aber nach Abklingen des akuten Geschehens im Larynx wieder völlig normale Verhältnisse vor. Indem er versucht, die Fehlerquellen seiner Vorgänger auszuschließen, liegen seine gefundenen Werte zwischen $0,37$ mm Hg und $0,66$ mm Hg bei ruhiger Atmung, bzw. $2,50$ mm Hg und $2,79$ mm Hg bei rascher Atmung.

Die ältesten Angaben über den subglottischen Druck bei phonetischen Vorgängen stammen von LATOUR (1837) und später von GRÜTZNER (1879). Daraus geht hervor, daß bei gleichbleibender Stimmstärke die Druckwerte einzelner Vokale mit der Tonhöhe zunehmen. Andererseits ist bei gleicher Tonhöhe und gleicher Stimmstärke der Druck bei verschiedenen Vokalen unterschiedlich. Auch GUTZMANN und LOEWY finden in Übereinstimmung mit den beiden oben genannten Autoren, daß der subglottische Druck bei gleicher Tonhöhe mit der Steigerung der Stimmintensität erheblich zunimmt und zwar im Verhältnis von $1 : 3$ zwischen leiser und lauter Stimmgebung. Außerdem bestätigen sie auch, daß bei gleich-

bleibender Stimmstärke, aber verschiedener Tonhöhe eine Zunahme des Druckes mit steigender Tonhöhe erfolgt und die Druckwerte im Falsett niedriger sind als in der Bruststimme.

Nach einer Pause von fast dreißig Jahren, in der die Thematik der subglottischen Druckmessung etwas in den Hintergrund gedrängt wurde, untersuchen in jüngerer Zeit wieder eine Reihe von Autoren mit Hilfe neuer Methoden die Druckverhältnisse unterhalb der Stimmritze. Dabei wird vorwiegend die direkte und indirekte Meßmethode angewendet, das heißt die Druckbestimmung in der Trachea oder im Ösophagus.

VAN DEN BERG führt seine Messungen mit beiden Methoden durch. Für die direkte Druckbestimmung bringt er einen Polyaethylenkatheter durch die Nase in den Pharynx und dann während tiefer Inspiration unter die Stimmbänder. Die Druckregistrierung erfolgt mit Hilfe eines Manometers. Gemessen wird der subglottische Druck für den Vokal a bei Brust-, Mittel- und Kopfstimme. Die gefundenen Werte liegen im Brustregister zwischen 3,39 und 7,94 mm Hg, in der Mittellage zwischen 3,82 und 24,26 mm Hg und im Falsett zwischen 4,70 und 35,66 mm Hg.

DRAPER, LADEFOGED und WHITERIDGE registrieren den intratrachealen Druck, indem sie eine Nadel von 1,55 mm Durchmesser zwischen dem 3. und 4. Trachealring einführen. Die Untersuchung erfolgt beim normalen Sprechen, beim Zählen und Wiederholen einzelner Silben, mit jeweils konstanter Lautstärke. Die Druckverhältnisse liegen zwischen 2,94 und 4,41 mm Hg. Bei verstärkter Phonation steigen die Werte bis zu 22 mm Hg an.

STRENGER führt seine Untersuchungen mittels einer Punktionsnadel mit Trokar von 22 mm Durchmesser durch. Nach einer subcutanen Anaesthesie impliziert er die Nadel

durch das ligamentum cricothyreoideum im subglottischen Raum. Während die Versuchsperson einige ein- und zweisilbige Testworte spricht, markiert der Autor alle 0,2 Sekunden einen Meßpunkt. Eine durch diese Punkte angelegte Kurve zeigt ein gleichbleibendes Kurvenbild für ein- und dasselbe Wort. Die Druckwerte liegen im Bereich von 5,88 bis 6,98 mm Hg.

KUNZE verwendet für seine Druckmessung eine Nadel von 0,6 mm Durchmesser, die er zwischen dem 1. und 2. Trachealring einführt. Das durchschnittliche Meßergebnis für den Vokal a schwankt zwischen 4,33 und 4,63 mm Hg wobei KUNZE die Schwankungen auf die verschiedene Tonhöhe und Lautstärke der Testpersonen bezieht.

PERKINS und KOIKE untersuchen mittels eines sehr kleinen Druckvermittlers, der einen Bereich von 0 bis 20 KH hat, den subglottischen Druck während der Stimmlippenschwingung nahe der Bifurkation der Trachea. Der an einer einzigen männlichen Person durchgeführte Versuch verdeutlicht, daß bei jeder Stimmlippenschwingung die subglottischen Druckvariationen durch einen Pulsus, dem eine schwächere Druckwelle folgt, gekennzeichnet sind. Außerdem geht jeder akustischen Spitze eine Druckwelle voraus, unabhängig von der Tonhöhe der Stimmintensität und dem benutzten Vokal. Ferner finden beide, daß zwischen der Stimmanstrengung und der Lautstärke, oder zwischen der subglottischen Druckwellenamplitude und der akustischen Wellenamplitude keine dauernde Beziehung erkennbar ist, und eine Stimmabschnürung den subglottischen Druck nicht beeinträchtigt. Bei einem Vokal (i), wie auch beim Steigern der Tonhöhe neigt die subglottische Druckwelle dazu schärfer zu werden.

Alle mit der direkten subglottischen Druckmessung beschäftigten Autoren prüfen gleichzeitig auch die indirekte, intraösophagiale Meßmethode auf ihre Gültigkeit als Hinweis auf den Intratrachealdruck.

Dabei wird allgemein ein Polyäthylenkatheter verwendet, der am Ende mit einem Gummiballon versehen ist. Sobald sich das Gerät in der Speiseröhre befindet, wird der Ballon mit 1,5 ml Luft aufgeblasen, wodurch eine Abdichtung des Ösophagus erfolgt. Während der Phonation kommt es zu einem Druckanstieg in der Speiseröhre, welcher nach VAN DEN BERG als vergleichbare Angabe für den mittleren subglottischen Druck herangezogen werden kann. Bei der indirekten Druckmessung für den Vokal a bei Brust-, Mittel- und Kopfstimme erhält er Werte von 2,50 bis 22,5 mm Hg. Der erste Wert liegt im Brustregister, der zweite im Falsett.

Auch DRAPER, LADEFOGED und WHITTERIDGE gehen bei Untersuchungen im wesentlichen vor wie VAN DEN BERG, nur benutzen sie zur Aufzeichnung eine Druckkammer, die an einen Kathodenstrahloszillographen angeschlossen ist. Sie beschreiben ebenfalls eine gute Wechselbeziehung zwischen beiden Kurven, wobei die Lage der Sonde im Ösophagus für die größtmögliche Druckangleichung von Bedeutung ist. Die exaktesten Vergleichswerte ergeben sich bei einer Entfernung, die 34 cm, ausgehend von der Nasenöffnung in den Ösophagus, beträgt.

Entgegen der Annahme der letztgenannten Autoren behauptet KUNZE, daß weder eine Änderung der Größe noch der Lage des Katheters eine Ähnlichkeit oder Übereinstimmung der Druckwerte erbringt. Es ergibt sich hingegen bei abnehmendem Lungenvolumen ein gleichbleibender Trachealdruck, während im Ösophagus ein Druckanstieg erfolgt. KUNZE läßt nur bei geschlossener Glottis und unterbrochener Phonation bei konstant gehaltenem Lungenvolumen eine Vergleichsmöglichkeit gelten. Daraus wird ersichtlich, daß die indirekte subglottische Druckmessung zur Angabe der wirklichen Druckverhältnisse nur als brauchbare Schätzung verwendet werden kann.

In Übereinstimmung damit stehen die Angaben von RUBIN, LECOVER und VENNARD, die in der Beurteilung des Ösophagusdruckes gegenüber dem wirklichen subglottischen Druck die gleichbleibenden Druckverhältnisse im subglottischen Raum bei unveränderter Lautstärke und Tonhöhe geltend machen. (nach MENDEL)

Einige Autoren befassen sich unter anderem in ihrem Untersuchungsprogramm auch mit der Messung der Druckverhältnisse bei Gaumenverschlußlauten. So gibt STRENGER für k einen Wert von 4,5 mm Hg an, für g 5,2 mm Hg, wobei allerdings unerwähnt bleibt, ob die Konsonanten stimmhaft oder stimmlos gesprochen werden.

ISSHIKI und RINGEL stellen bei Geschwindigkeitsmessungen des Luftstromes fest, daß der subglottische Druck bei stimmhaften Konsonanten niedriger liegt als bei stimmlosen. Beim stimmlosen k findet sich ein Druck von 9,93 mm Hg, während beim Phonieren des stimmhaften k nur 7,76 mm Hg registriert werden.

Die Angaben von MENDEL beziehen sich auf die Konsonanten g und k, sind aber in Verbindung mit dem Vokal a gesprochen. Für "aga" und "aka" werden 7,93 bzw. 11,52 mm Hg gemessen.

2. Messungen des Oraldruckes

In der älteren Literatur finden sich kaum Angaben oder Bemerkungen über spezifisch durchgeführte Oraldruckuntersuchungen, da man allgemein die bei der Atmung oder Phonation auftretenden subglottischen Drucke den Druckverhältnissen im Mund gleichsetzt.

Ende der 50er und Anfang der 60er Jahre führt FISCHER-JORGENSEN, (teilweise in Zusammenarbeit mit HANSEN) Untersuchungen während der Phonation von p und b im Zusammenhang von Wort- und Silbengebilden in dänischer Sprache durch, wobei von 5,0 mm Hg bzw. 4,71 mm Hg

hohen Intraoraldruckwerten berichtet wird.

Bei einer Arbeit über die Beziehung zwischen intra-oralem Luftdruck und Stimmhaftigkeit von verschiedenen Lauten, auch bei Verschlußlauten (1963), zeigt sich, daß übereinstimmend geringere Luftdruckwerte für stimmhafte als für stimmlose Konsonanten vorherrschen, sowohl bei den deutschen, als auch nachweislich bei den dänischen Versuchspersonen. Interessant ist außerdem die Aussage, daß sich bei Assimilation zwischen benachbarten Verschluß- und Reibelauten sowohl der Druck wie auch die Stimmhaftigkeit ändern, was so weit führt, daß bei den einzelnen Varianten desselben Phonems in derselben Stellung eine Tendenz besteht, einen relativ größeren Druck mit einer relativ geringeren Stimmhaftigkeit und umgekehrt zu verbinden.

Im weiteren Verlauf befassen sich vor allem amerikanische Autoren mit den Druck- und Luftströmungsgegebenheiten im Mund während der Phonation. SUBTELNY, WORTH und SAKUDA benützen zur Druckmessung einen extra hierfür konstruierten kleinen Druckvermittler, der am Gaumen festgeklebt wird. Die Anwendung einer Maske wird von ihnen mit der Begründung abgelehnt, daß es durch das enge Anliegen der Maske am Mund zu einer Einschränkung der Kiefer- und Lippenbewegung und einer Beeinträchtigung der Qualität des Gesprochenen kommt.

Es werden dreißig normalsprechende Versuchspersonen untersucht. Davon sind zehn männlichen, zehn weiblichen Geschlechts und bei den übrigen handelt es sich um Kinder im Alter von 6 bis 10 Jahren. Gemessen werden die Druckverhältnisse, die bei Vokal-Konsonant-Vokal-Silbengefügen und gesprochenen Sätzen registriert werden, wobei bei letzteren nur bestimmte Anfangs- und Endkonsonanten berücksichtigt werden. Bei der Lautgebung der Verschlußlaute p und k liegt der bei den männlichen VP gemessene Mittelwert bei 4,71 bzw. 4,54 mm Hg; für

b und d werden 3,21 respektive 3,32 mm Hg registriert. Nach Aussage der Autoren sind die Oraldruckverhältnisse von einer Reihe von Faktoren beeinflusst. Es stellt sich heraus, daß in Bezug auf die Abhängigkeit der Geschlechts- und Alterszugehörigkeit die männlichen VP etwas niedrigere Druckhöhen aufweisen, als die weiblichen, diese wiederum zeigen geringere Druckwerte als die Kinder. Als weitere Einflüsse sind anzusehen:

die bei der Artikulation eingenommene Haltung, der phonetische Zusammenhang des Gesprochenen und eine "Klassifikation des Stimmenhörens"(phoneme Classification).

Obwohl sorgfältig erwiesene Informationen spärlich sind, sei bezüglich des Einflusses der Maske auf den Intraoraldruck auf einen Bericht von KUNZE hingewiesen, welcher bei seinen Untersuchungen an neun Erwachsenen findet, daß der Intratrachealdruck bei angelegter Maske signifikant höher liegt als ohne Maske. SUBTELNY et al. vermuten, daß der Effekt der Maske auf den Intraoraldruck damit vergleichbar ist. Dies könnte seine Ursache darin haben, daß es durch den Widerstand, den die Maske dem Luftstrom entgegensetzt, zu einer leichten Druck-erhöhung kommt. Wahrscheinlicher ist ihrer Meinung nach die Annahme, daß die plazierte Maske eine verstärkte Sprechanstrengung mit daraus resultierender Vergrößerung des Intraoraldruckes erzeugt. Nicht auszuschließen ist weiterhin ein durch die Maske bedingter Rückkoppelungsmechanismus, welcher als Grund für eine Lautstärken- und damit Druckzunahme anzusehen ist.

1969 untersuchen BROWN und MC GLONE die intraoralen Luftdruckwerte in Zusammenhang mit der Bildung ausgewählter Silben bei Versuchspersonen, die sich durch die Größe des Stimmtraktes deutlich unterscheiden. Die VP müssen ein Programm wiederholen, das fünf experimentelle Bedingungen erfüllt: es besteht eine Variation in den

Konsonantenklassen, den Vokalen, den Konsonanten, welche die jeweiligen Silben beinhalten, außerdem in der Intensität des Vokals und dem Ergebnis der Silbenäußerung. Die Autoren kommen zu folgendem Schluß:

- a) zwischen dem intraoralen Luftdruck und der Größe des Stimmkanales (die mittels Messung des Zahnabdruckes und lateraler Kopfröntgenbilder ermittelt wird) besteht eine unwesentliche oder gar keine Beziehung.
- b) physiologische Faktoren, wie z. B. die Atmung, die Stimmhaftigkeit und die Art der Artikulation scheinen wichtige Punkte zu sein, unabhängig von Gestalt und Größe des Stimmkanals oder dem Ausmaß des intraoralen Luftdruckes.
- c) schließlich zeigen die Spitzenwerte des intraoralen Luftdruckes unter den prüfexperimentellen Bedingungen eine gute Übereinstimmung mit den Resultaten früherer Untersuchungen. Die gefundenen Druckwerte für die Konsonanten t und d (5,80 mm Hg bzw. 3,15 mm Hg) entsprechen den Ergebnissen von ARKEBAUER.

Allerdings weisen sie bezüglich der Gültigkeit ihrer Aussagen auf die begrenzte Anzahl der Versuchspersonen hin und bringen vor allem zum Ausdruck, daß die Stimmstärke jeder Versuchsperson vom Untersucher vorbestimmt ist, daß deshalb aber trotzdem die Anstrengung bei jeder Versuchsperson unterschiedlich ausgefallen sein kann, wodurch eine Änderung der intraoralen Druckgröße möglich ist. Schließlich wird der Größe der Zunge bei der genauen Volumenbestimmung des Stimmtraktes in dieser Studie nicht Rechnung getragen, obwohl BROWN auf die Beeinflussung des Luftstromes durch die Zunge, den Larynx und des Velum hinweist.

Als weitere Ursache einer intraoralen Druckdifferenz werden von WARREN und WOOD außerdem die Unterschiede des jeweiligen Atemvolumens und der Sprechdauer aufgeführt.

3. Untersuchungen und Meßergebnisse über den Nasaldruck

Die ersten Untersuchungen über das Verhalten des Nasaldruckes gehen in das vorige Jahrhundert zurück, wobei man vorwiegend um eine Beurteilung der physiologischen Verhältnisse bemüht ist. DONDERS verbindet ein Manometer mit einem Nasenloch und findet Werte, die bei -3 mm Hg und +2 mm Hg für In- bzw. Expiration liegen. WALDENBURG erhält mit derselben Methode 1 - 2 mm Hg für die Ein- und Ausatmung. Die Tatsache, daß er zu demselben Resultat kommt, wenn er durch die Maske in das Manometer atmen läßt, wurde damals als wenig wissenschaftlich und ungenau angesehen. In einem exakteren Untersuchungsverfahren als bei den obengenannten Autoren kommt EWALD 1879 auf 0,1 mm Hg für die Inspiration und 0,13 mm Hg für die Expiration.

Erst später geht man dazu über, die Luftdurchgängigkeit der Nase vom klinischen Aspekt her zu betrachten, und Methoden zu ihrer Bestimmung zu erarbeiten. Dazu geht man jetzt von der Tatsache aus, die Physik mit ihren aerodynamischen Strömungsgesetzen als Grundlage anzusehen. KAYSER macht sich dies (1895) als erster zu nutze, wobei er von folgender Überlegung ausgeht:

"Die Widerstände, welche sich der Luftströmung durch ein enges Rohr entgegenstellen, können im wesentlichen in dreifacher Weise zum Ausdruck kommen: entweder durch die Menge der durchgeflossenen Luft oder durch die zur Durchströmung erforderliche Kraft (positiver oder negativer Druck), oder durch die für die Durchströmung erforderliche Zeit. Es ist klar, daß, wenn zwei dieser Momente als konstant gegeben sind, die Modifikation des dritten als Maß für die Widerstände, resp. für die Luftdurchgängigkeit des Rohres zu verwenden sind."

Die sich daraus ableitende Formel

$$w = \frac{k \cdot t}{m} \cdot \text{konst.}$$

wobei w als Widerstand, k als Druck, t als Zeitfaktor und m als die Luftmenge bezeichnet wird, läßt sich auch auf die Verhältnisse der Nase übertragen. Mit anderen Worten bedeutet dies, daß der Nasenwiderstand desto größer ist, je ausgeprägter der im Nasopharynx herrschende Druckunterschied und je länger die zur Ein- und Ausatmung benötigte Zeitdauer ist, um eine gleiche Luftmenge durch die Nase strömen zu lassen.

Die in der Folgezeit durchgeführten Untersuchungsmethoden, denen diese Formel zu Grunde liegt, gehen davon aus, zwei von den Werten (Druck, Zeit und Luftmenge) konstant zu erhalten und die dritte gemessene Größe, in diesem Fall den Nasenwiderstand, als direkten Maßstab festzulegen. Umgekehrt kann auf diese Weise auch eine Druckbestimmung im Nasenrachen unternommen werden. Als Begründer der posterioren Rhinomanometrie ist SPIESS anzusehen. Ein Glasröhrchen, welches mit einem Manometer verbunden ist, wird in den Mund bis zur Zungenwurzel eingeführt. Die Registrierung der jeweiligen Druckveränderung im Nasenrachen erfolgt bei der Ein- bzw. Ausatmung durch die Nase, wobei die Lippen um das Röhrchen geschlossen sind. Einige Autoren (SAUTER, MALAN) führen einen an ein Manometer angeschlossenen Katheter durch die Nase in den Rachen.

COURTARDE betreibt die anteriore Rhinomanometrie, indem er mittels einer Olive eine Nasenöffnung mit einem Wassermanometer verbindet und den Druck während der Atmung durch das andere Nasenloch bestimmt. Nach demselben Prinzip arbeiten auch noch SERCER und ZWAARDEMAKER, wobei letzterer den eigentlich zu untersuchenden anderen Nasengang noch an ein Aerometer, welches die durchströ-

mende Luft anzeigt, anschließt.

Die Druckmessungen der letztgenannten Autoren, die in bestimmten Atemlagen erfolgen, ergeben Werte, welche bei normaler Durchgängigkeit der Nase während ruhiger Atmung inspiratorisch nicht über 1,1 mm Hg liegen. Bei einseitiger Atmung durch einen Nasengang werden bis zu 1,47 mm Hg gemessen. Höhere Werte werden als Behinderung der Nasenatmung angesehen, da sich infolge einer verengten Nase die benötigte Atemluft nur durch einen höheren Unter- bzw. Überdruck durch den Nasengang leiten läßt. Der Atemnormalwiderstand beträgt etwa während der Expiration 0,59 bis 0,70 mm Hg. (MASING)

Die oben angegebene Versuchsordnung genügt nach Meinung SCHEIDELERS nicht den gestellten Anforderungen, da der Zeitwert nicht exakt erfaßt wird und vor allem der Naseneingang durch die Olive eine Deformierung erleidet. Er stellt bei Modellversuchen an zylindrischen Röhren fest, daß der Strömungsverlauf sich von dem in der Nase wesentlich unterscheidet. Außerdem zeigen sich differente Ergebnisse bei der Druckmessung an einem der menschlichen Nase maßstäblich genau nachgebildeten Modell, je nachdem, ob die Untersuchung in einem in den Naseneingang eingeführten Rohr vorgenommen wird, oder ob der Nasengang frei bleibt. Daraus schließt SCHEIDELER, daß Prüfungen nur dann als einwandfrei anzusehen sind, wenn der Nasengang und der Querschnitt der Nasenöffnung berücksichtigt werden. Allerdings ist sein am Menschen gefundener Druckwert von 0,9 mm H₂O nicht mehr haltbar.

TONNDORF stellt zur gleichen Zeit (1939) in seinen Versuchen über die Luftströmungswege in der menschlichen Nase fest, daß durch pathologische Veränderungen, vor allem durch Störungen an der unteren Nasenmuschel, sowie Hyperplasien und Atrophien im Nasenraum, Wirbelströme entstehen, die unter anderem auch eine Änderung

der Druckverhältnisse hervorrufen. Wie schon andere Autoren bestätigt er am Nasenmodell auftretende Druckunterschiede in den einzelnen Bereichen, so z. B. einen inspiratorischen Druck von -1 mm im Vestibulum, -3 mm am inneren Nasenloch, -5 mm an den Muscheln und in den Choanen, gemessen mit Wassermanometern bei ruhiger Inspiration.

1940 entwickelt UDDSTRÖMER ein Verfahren, welches ihm erlaubt, mit Hilfe einer Maske die Atemfunktion im Nasenbereich unter größtmöglichen physiologischen Bedingungen zu prüfen, d. h. ohne Benützung einer Olive und der damit verbundenen Deformität. Er untersucht damit an drei Personengruppen unter verschiedenen Gegebenheiten die Atemfrequenz sowie die prozentuelle Aufteilung von Mund- und Nasenatmung. In einer kritischen Betrachtung stellt er für eine exakte Prüfung der intranasalen Verhältnisse die Wichtigkeit beider Untersuchungsmethoden, sowohl der anterioren als auch vor allem der posterioren Rhinomanometrie, heraus, wobei ~~ihm~~ letztere jedoch genauer erscheint.

Nach einem Zeitraum von 20 Jahren waren es SEMERÁK, sowie SEEBOHM und HAMILTON, die mit neuen, oder besser gesagt, modifizierten Methoden früherer Autoren aufwar-

ten. SEMERÁKS Methode beruht darauf, daß der Wert der Luftstromgeschwindigkeit (gemessen nach der Methode von FLEISCH) in der Nase und des Druckes im Nasenrachen (mittels MAREY'SCHER Kapsel) gleichzeitig kontinuierlich graphisch registriert werden. Die Aufzeichnungen werden mit einem Pneumotachographen, welcher die Luftstromgeschwindigkeit durch ein in ein Nasenloch eingeführtes Röhrchen mißt, durchgeführt, wobei gleichzeitig die zweite Nasenöffnung durch einen anderen Einsatz ver-

geschlossen ist, welcher an ein Manometer angeschlossen ist. Für die normale Atmung einer normal durchgängigen Nase findet er Werte, zwischen -12,5 mm WS (0,91 mm Hg) für die Inspiration und 8,5 mm WS (0,62 mm Hg) für die Expiration. Weiterhin bestätigt er eine Drucksteigerung bei einer schlecht durchgängigen und einen Druckabfall bei einer übermäßig durchgängigen Nase.

SEEBOHM und HAMILTON führen ein Paar dünner Röhrchen durch den Mund in den Pharynx ein. Durch eines der Röhrchen strömt eine Luftmenge mit bestimmter Strömungsgeschwindigkeit, während der Patient aufgefordert wird den Mund sorgfältig um die Röhrchen zu schließen und die Glottispassage zu blockieren, so daß die gesamte Luft aus der Nase strömt. Das zweite Röhrchen wird an ein Druckregistriergerät angeschlossen, welches den unterschiedlichen Druck, bzw. den umliegenden Luftdruck mißt. Auf diese Weise werden die durch die Luftströmung bedingten Druckunterschiede erhalten.

Die heute angewandte Technik zur Bestimmung des Nasenwiderstandes erfolgt vorwiegend mit dem Elema-Meßplatz. Hierbei kommt zur Bestimmung des Atemwiderstandes sowohl die anteriore als auch die posteriore Rhinomanometrie zur Anwendung.

D) EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I. Versuchsdurchführung

1. Aufgabenstellung

Im vorangegangenen Teil wird eingehend auf die Möglichkeiten der quantitativen und qualitativen Messungen des Druckes in Luftröhre, Mund und Nase hingewiesen. Es fällt auf, daß sich die meisten Autoren vorwiegend mit der Untersuchung eines dieser Teilgebiete befassen, wobei hier wiederum zu unterscheiden ist zwischen:

- a) einer Druckbestimmung bezogen auf die rein funktionelle Atemtätigkeit und
- b) den Verhältnissen während phonetischer Vorgänge.

Uns kommt es nun darauf an zu untersuchen, in wieweit die Teildrucke in diesen drei anatomischen Räumen vergleichbar sind, bzw., welche Werte sich überhaupt ergeben. Interessant erscheint uns neben der Beobachtung des Atemfunktionsdruckes, der im ersten Teil unserer Untersuchung Rechnung getragen wird, vor allem die wechselseitige Beziehung der miteinander verknüpften Druckverhältnisse im Atem- und Stimmtrakt bei phonetischen Vorgängen. Dazu wollen wir die jeweiligen Druckhöhen bei der Lautgebung der beiden Gaumenverschußlaute g und k messen, sowohl als Einzellaut gesprochen, wie auch in Verbindung mit Vokalen und im Verlauf von Wörtern und Sätzen. (Dabei geht es darum, in einem Untersuchungsgang mittels zweier Druckrezeptoren einen direkten Vergleich jeweils zweier Größen zu erhalten. Da nur zwei Manometer zur Verfügung stehen, erfolgt im ersten Durchgang die Registrierung des subglottischen und oralen Druckes unter Außerachtlassen des Nasaldruckes. Im weiteren Verlauf wird die Kanüle aus dem Trachealraum entfernt und gleichzeitig das Druckverhalten in Mund und Nase geprüft. Die Teilresultate beider getrennt registrierter Vorgänge werden später parallel zueinander aufgezeichnet.)

Neben der Bestimmung der Druckwerte soll untersucht werden, in wie weit zwischen dem subglottischen und oralen Druckablauf einerseits, bzw. zwischen Oral- und Nasaldruck andererseits eine zeitliche Korrelation während der Phonation besteht. Ein objektiv beurteilbares Ergebnis dieser beiden Fragen soll im Verlauf unserer ausschließlich an gesunden Versuchspersonen durchgeführten Untersuchungen erarbeitet werden. Des weiteren wollen wir mit unserer Arbeit eine Grundlage für spätere Untersuchungen über Sprachstörungen, besonders im Rahmen der Dysarthrien, schaffen.

2. Methodik

Als problematisch erweist sich, daß zur Druckmessung nur zwei Manometer vorhanden sind. Deshalb ist es nötig, mittels beider Kammern in zwei aufeinanderfolgenden Untersuchungsgängen einen direkten Vergleich jeweils zweier Druckkomponenten zu erhalten. Dazu erfolgt im ersten Durchgang die Registrierung des subglottischen und oralen Druckes unter Außerachtlassung des Nasaldruckes, welcher im weiteren Verlauf direkt mit dem Druckverhalten im Mund verglichen wird.

Die Messung des subglottischen Druckes wird mit der direkten Methode durchgeführt. Der Zugang in den Intra-trachealraum erfolgt durch Punktion im Bereich des Ligamentum conicum zwischen Schild- und Ringknorpel.

Die Versuchsperson wird aufgefordert, bequem und entspannt auf dem Untersuchungsstuhl Platz zu nehmen. Sodann erfolgt eine subcutane Lokalanästhesie mit ein bis zwei ccm einer 1 %igen Novocainlösung an der mit Alkohol gereinigten Einstichstelle, die leicht zu tasten ist. Die für unsere Zwecke auf 2,0 bis 2,2 cm gekürzte Kanüle mit einem Durchmesser von 1 mm ist mit einem Trokar versehen, um beim Durchstechen der Halsweichteile einer

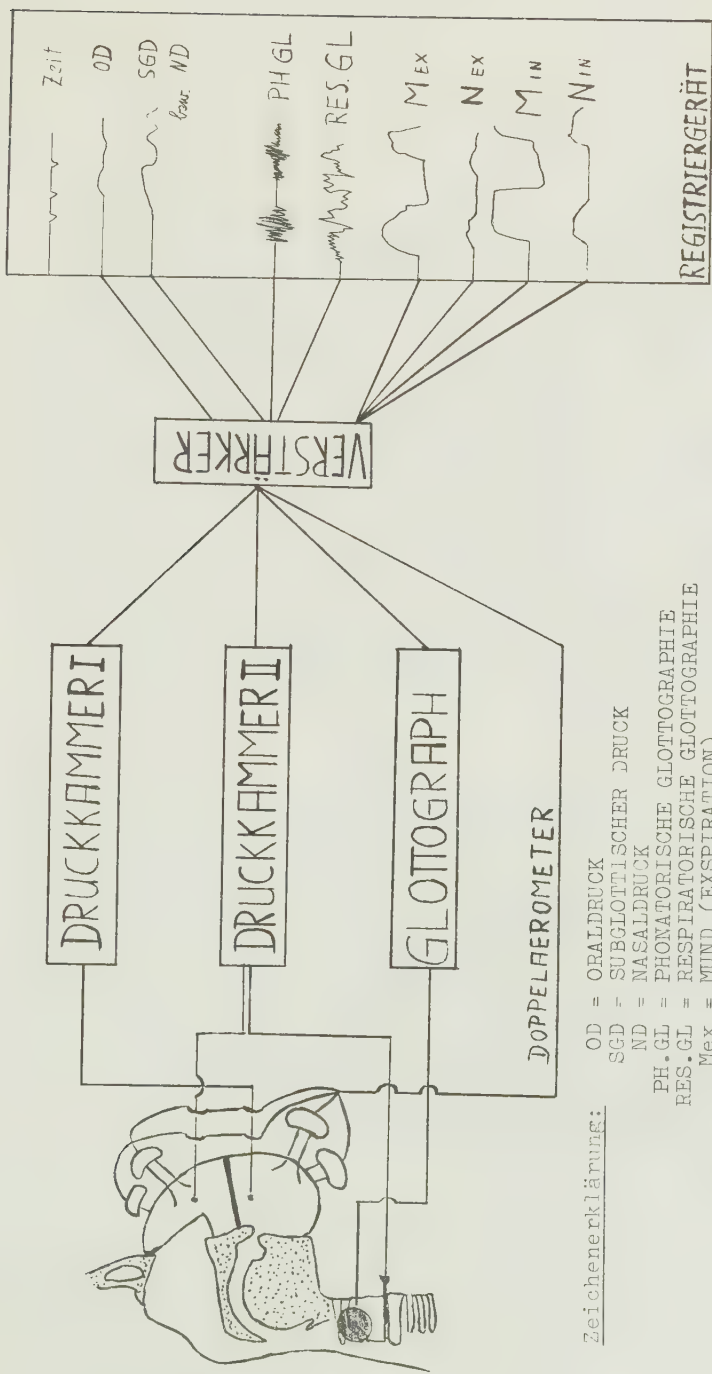
Verlegung mit Gewebeteilen vorzubeugen. Die Punktion wird von den meisten Versuchspersonen zwar als unangenehm empfunden, doch ist dafür unserer Meinung nach eher eine psychische Ablehnung verantwortlich zu machen, da in diesem Gebiet keine Schmerzempfindung erzeugt werden kann. Außer dem Fehlen von Nervenrezeptoren erweist sich das Gewebe durch seine Kapillarfreiheit an dieser Stelle als besonders geeignet für diese Methode, die nach bisherigen Erfahrungen bei normalen anatomischen Verhältnissen als risikolos angesehen werden kann. In einigen Fällen kommt es wegen Berührung der Trachealhinterwand durch die Nadelspitze zur Reizung der Schleimhaut und damit reflektorisch ausgelösten Hustenanfällen, die durch Einsprühen von Lidocain ausnahmslos beherrscht werden können. An den Konus der Punktionsnadel wird ein Plastikschauch mit einem 2 mm großen Durchmesser angeschlossen, der die Verbindung zur einen Druckkammer herstellt. Die Registrierung des Oral- und Nasaldruckes erfolgt mit Hilfe des später noch genauer zu beschreibenden Doppelaereometers nach SMITH. Das Gerät ist an einem von der Rückseite der Stuhllehne ausgehenden, horizontal über den Kopf der VP ziehenden Metallbügel mit zwei Spiralfedern aufgehängt. Es kann durch Verstellen des Bügels in die jeweils gewünschte Lage gebracht werden. Mit einem breiten Gummiband, das um den Kopf der VP geschlungen wird, versucht man der Atemmaske einen festen Sitz auf den Gesichtspartien zu geben, um eine größtmögliche Abdichtung zu erzielen. Es läßt sich trotzdem nicht ausschließen, daß es mangels einer nicht durchführbaren individuellen Anpassung der Maske an die verschiedenen Gesichtsformen zur Luftentweichung kommen kann. Über die getrennt liegenden Anschlußstellen wird der zu untersuchende Druck - in unserem Fall primär der Oraldruck - dem Receptor übermittelt. Beide Druckkammern sind wiederum an einen als Registriergerät

dienenden Elektroencephalograph angeschlossen. Von der Atemmaske ausgehend werden mittels des Aufzeichnungsgerätes auch die Atembewegungen in Mund und Nase, in Form von In- und Expirationskurven, zur Darstellung gebracht. Um die Bewegungen der Stimmlippen während der Phonationsvorgänge sichtbar machen zu können, werden der VP beide Plattenelektroden des Glottographen angelegt. Um eine deutliche Aufzeichnung der schnellen und langsamen Stimmlippenbewegungen zu erhalten, müssen beide Platten, mit Kontaktpaste bestrichen, in Höhe des Schildknorpels beidseits am Hals aufgelegt und mit einem Gummiband befestigt werden. Die Elektroden wirken auf die Versuchspersonen in keiner Weise irritierend.

Nach einer gewissen Anpassungszeit beginnt die VP mit dem Untersuchungsvorgang, wobei jeder Abschnitt des Programmes mehrfach bzw. bei rezitierten Teilen dreimal wiederholt wird. Wie bereits erwähnt wird zuerst der subglottische und orale Druck gemessen. Nachdem die VP das Programm einmal beendet hat, wird die Punktionsnadel entfernt und die Druckkammer mit dem Doppelaerometer zur Registrierung des Nasaldruckes verbunden.

Bei der nunfolgenden Wiederholung des Programmes bleibt der zweite Druckreceptor zur Oraldruckmessung angeschlossen, so daß über die Kurvenaufzeichnung des Registriergerätes jeweils eine direkte Vergleichsmöglichkeit gegeben ist.

Die Versuchspersonen werden aufgefordert, langsam und akzentuiert zu sprechen und zwischen den einzelnen Wiederholungen Pausen zu machen. Dies kann nicht von allen Probanden zur vollkommenen Zufriedenheit erfüllt werden, da in einigen Fällen anfangs ein deutliches Schonverhalten im Vordergrund steht, daß sich erst mit zunehmender Versuchsdauer legt.



Zeichenerklärung:

- OD = ORALDRUCK
- SGD = SUBGLOTTISCHER DRUCK
- ND = NASALDRUCK
- PH.GL = PHONATORISCHE GLOTTOGRAPHIE
- RES.GL = RESPIRATORISCHE GLOTTOGRAPHIE
- Mex = MUND (EXPIRATION)
- Nex = NASE (EXPIRATION)
- Min = MUND (INSPIRATION)
- Nin = NASE (INSPIRATION)

3. Versuchspersonen

Bei den, sich für unsere Untersuchung zur Verfügung stellenden Versuchspersonen, handelt es sich um 14 junge Männer im Alter von 23 bis 29 Jahren mit physiologischen Stimm- und Sprachverhältnissen. Es sind 13 Medizinstudenten und 1 Jurastudent aus dem gesamten bayerischen Sprachraum. Das Versuchsprogramm wird von allen in normalem Tonfall mit mittellauter Stimmstärke aufgesagt. Bei einem Probanden konnte wegen eines nicht zu identifizierenden technischen Defektes der Oraldruck nicht registriert werden.

Da wir bei den übrigen Versuchspersonen durchwegs gut meßbare Werte erzielten, ersichtlich an den deutlichen Kurvenbildern, glauben wir nach unserer Ergebnisauswertung trotz der relativ niedrigen Versuchspersonenanzahl repräsentative Aussagen machen zu können.

4. Programm

Das Programm setzt sich aus zwei Abschnitten zusammen. Zuerst untersuchen wir die Druckverhältnisse bei Atemvorgängen, bzw. mit der Atmung eng in Verbindung stehenden phonetischen Geschehnissen (lachen, räuspern). Im zweiten Teil beschäftigen wir uns mit der Artikulation und Phonation der Gaumenverschlußlaute g und k und den damit verbundenen Druckveränderungen. Dabei registrieren wir die Werte in einer Versuchsreihe, die ausgeht von einer einfachen Konsonantenakklamation bis zu einem Satzgefüge, indem beide Konsonanten wechselweise in die einzelnen Worte eingebaut sind.

Versuchsprogramm:

I. Teil: Atmung

ruhige Atmung
tiefe Atmung
hecheln
räuspern
lachen
pressen

II. Teil: Stimmeinsätze

- 1) Stimmlose Lautgebung g
 k
- 2) Stimmhafte Lautgebung ge
 ka
- 3) Vokale und Mediae (von g)
 gi, ge, ga, go, gu
- 4) Testworte Gickel
 Geck
 gackern
 Gockel
 gucken
- 5) Vokale und Tenuues
 kik, kek, kak, kok, kuk
- 6) Testworte kicken
 keck
 Kakadu
 Kokos
 Kuckuck
- 7) Sätze
 - a) Kurt und Gerda kaufen ganz grüne Gurken
 - b) Gerne gibt Gerda Onkel Gustav Kakao

II. Beschreibung der Geräte

1) Glottograph

a) Entstehung und Bedeutung der Glottographie

Bei unseren Untersuchungen benützten wir zur Kontrolle der Glottisbewegungen den Glottographen. Das grundsätzliche Prinzip dieses 1957 von FABRE erstmals entwickelten Verfahrens beruht darauf, die Stimmlippen mit den Platten eines Kondensators zu vergleichen. Ähnlich wie bei diesem kommt es durch die, während der Bewegung auftretenden Abstandsänderungen der Stimmlippen zur Spannungsänderungen, wenn man den Kehlkopf in einem Wechselstromkreis zwischenschaltet. In seiner ersten Einführung über die Funktion des Glottographen erklärt der Autor dies folgendermaßen:

"Der Kehlkopf moduliert durch seine Bewegungen die Stärke eines elektrischen Stromes hoher Frequenz, der durch Hautelektroden, die jeweils an beiden Seiten des Halses auf der Platte des Schildknorpels angebracht sind, eingeführt wird. Nach entsprechender Behandlung eines solchen Stromes erhalten wir eine oszillographische Kurve, die in jedem Augenblick den Stand der Entfernung der Stimmlippen darstellt. Bei einander genäherten, oder sogar aneinanderliegenden Stimmlippen ist der Widerstand am geringsten, was sich auf unserer graphischen Ableitungskurve mit einer maximalen Amplitude ausdrückt. Bei voneinander entfernten Stimmlippen ist der elektrische Widerstand größer, die Amplitude deshalb auch niedriger." (nach HUBER)

1962 konstruieren in München LOEBELL und BALK nach einer Modifikation des FABRE'SCHEN Prinzips einen Glottographen. Bei diesem Gerät besteht der Unterschied neben der technischen Ausführung vor allem in einer wesentlichen Verbesserung der Verstärkungsweise, die erlaubt,

die schnellen (phonatorisches Glottogramm) und langsamen (respiratorisches Glottogramm) Stimmlippenbewegungen getrennt zu beobachten.

Bei der respiratorischen Glottographie sind Öffnungs- und Schließungsbewegungen der Glottis gut zu beobachten. In dem sägezahnartigen Kurvenbild unterscheiden sich Aufwärts- und Abwärtsverläufe mit den jeweiligen Umschlagpunkten, den Amplitudenmaxima bzw. -minima.

Erfolgt eine Schließungsbewegung der Glottis, so spiegelt sich dieser Vorgang in einem Anstieg der Kurve mit abschließender Kuppelbildung (TRUMMLER) bei Erreichen des vollständigen Verschlusses wider. Dieser Gipfel ist mit dem Ende der Inspiration erreicht, im Moment der kurzzeitigen Thoraxruhelage. Das anschließend eintretende Auseinanderrücken der Stimmlippen ist durch ein Abfallen der Kurve gekennzeichnet, wobei der tiefste Punkt mit dem Übergang des Thorax in die Atemruhelage am Ende der Expiration zusammenfällt. (HUBER)

Die phonatorische Glottographie liefert uns die Stimmlippenbewegung bei phonetischen Vorgängen. Es werden nur die stimmhaften Laute registriert, da bei stimmlosen Phonationsvorgängen keine meßbare Glottisaktion erfolgt, wobei die Massenverlagerung in den Stimmlippen zum Ausdruck gebracht wird.

Der Wert der Glottographie liegt vor allen Dingen auf klinischem Gebiet. In München führen LOEBELL und Mitarbeiter an der Abteilung für Stimm- und Sprachheilkunde der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten eine Reihe eingehender Untersuchungen bezüglich Stimmstörungen durch. Außerdem erweist sich, daß mit Hilfe der Glottographie die bei Larynx Tumoren auftretenden Störungen der Schwingungsabläufe an den Stimmlippen sichtbar gemacht werden können, was vor allem für laryngomikroskopisch kaum feststellbare Fälle

von Bedeutung ist. Ebenso eignet sich die Glottographie in besonderer Weise zur Kontrolle nach Tumorextirpation mit nachfolgender Bestrahlung, sowie zur Rezidivprophylaxe.

In Frankreich prüfen mehrere Autoren die Glottographie nach der Methode von FABRE auf ihre Aussagekraft. CHEVRIE und MULLER beschreiben die Glottographiekurven von 45 gesunden Personen während des Sprechens eines vorgegebenen Satzes. Sie unterteilen nach dem Grad der Veränderlichkeit der Morphologie der Kurven in drei Gruppen. Die erste Gruppe ist durch die Beständigkeit der Form des Diagrammes gekennzeichnet, die zweite Gruppe durch eine große Veränderlichkeit; andere VP bilden eine Zwischengruppe.

GREMY und STRIGLIONI zeigen an sechs VP (drei Männer und drei Frauen) im wesentlichen den Einfluß der Stimmintensität auf die Amplitude und Frequenz des Glottogrammblaufes.

VALLANCIEN und FAULHABER berichten über ihre Beobachtungen an Gesunden und einem Patienten nach Laryngektomie, wobei sie vor allem den Unterschied im Glottogramm herausstellen. Sie beurteilen den Aufzeichnungsvorgang als einen interessanten Ausblick auf die Larynxodynamik. Ebenso wie die Letztgenannten erachtet MICHEL die Ausweitung dieser Untersuchungstechnik in der Mitteilung seiner Resultate von Patienten mit hypokinetischen Stimmstörungen im Bereich des phoniatriischen Fachgebietes als sehr wünschenswert.

b) Technische Beschreibung

Es wird der nach FABRE modifizierte Glottograph von LOEBELL und BALK für unsere Untersuchungen verwendet. Ein von einem Gegentakt-Hartley-Oszillator gelieferter, hochfrequenter Wechselstrom wird zwei je 2,5 cm im Durch-

messer großen Elektroden, die dem Schildknorpel beidseits angelegt sind, zugeführt. Die schwankende Dielektrizitätskonstante des Kehlkopfes bewirkt am Widerstand eine Modulation der Hochfrequenzspannung an den Elektroden. Diese modulierte HF-Spannung wird zur Gleichrichtung einem abgestimmten HF-Verstärker zugeführt.

Um an den Halsweichteilen eine größere Wärmeentwicklung zu vermeiden, ist es nötig, die bei induktiver Koppelung des Elektrodenkreises an den Oszillatorkreis übertragene Energie klein zu halten. Aus diesem Grund darf die Modulationstiefe der HF-Spannung nur gering ausfallen. Deshalb wird bei der zweiten Stufe des HF-Verstärkers der Abstand zwischen Arbeitspunkt und Einsatzpunkt proportional zur unmodulierten HF-Ausgangsspannung gemacht. Dies wird durch einen HF-Gleichspannungswandler bewirkt, welcher eine Gleichspannung erzeugt, proportional zur unmodulierten HF-Ausgangsspannung. Ein Bruchteil dieser Gleichspannung dient zur Festlegung des Arbeitspunktes der Verstärkerstufe.

Nach der Gleichrichtung erfolgt mittels einer Frequenzweiche die Trennung in tonfrequente und niederfrequente Modulationsanteile, die getrennt voneinander gleichzeitig registriert werden. Durch dieses Verfahren werden die zur Auswertung interessanten Frequenzspitzen verstärkt und damit besser beurteilbar.

2. Druckreceptor

Die Druckbestimmung während der einzelnen Versuchabschnitte erfolgt mit Hilfe des HANSEN Monometers, Typ HB 66-A der Firma Simonsen & Weel, 2620 Albertslund, Dänemark.

Es handelt sich hier um ein leistungsfähiges, für physiologische Präzisionsmessungen verwendbares Elektromanometer, das sich aus zwei Teilen zusammensetzt:

- a) einer Druckkammer, die mit einem Oszillator versehen ist und
- b) einem Demodulatorverstärker mit Manometer.

Beide Teile sind durch ein Kabel miteinander verbunden.

Um eine größere Meßstabilität des Gerätes zu erreichen, wird an Stelle der üblichen Flüssigkeitssäule ein elektrischer Signalgeber verwendet, der durch Eichung auf eine gewünschte Wertskala einstellbar ist. Bei einem Einstellbereich von 100 mm Hg wird mit Hilfe zweier dazu angebrachter Knöpfe für Ausschläge von 0 bis 100 mm Hg geeicht. Diese Eichung ist auch für die Einstellbereiche 25 mm Hg, 200 mm Hg und 300 mm Hg gültig.

Die zu messenden Luftdruckverhältnisse des Patienten werden über einen 1 m langen, dünnen Polyäthylenschlauch von der Punktionsnadel, bzw. den Anschlußstellen des Aerometers, der Druckkammer zugeleitet. In der Druckkammer befindet sich eine geerdete Membrane, die, durch Druckschwankungen bewegt, den Druck in elektrische Signale transformiert, wobei jede Druckveränderung einen unterschiedlichen Abstand zwischen der Membrane und einer Elektrode verursacht.

Wir wählen als Einstellbereich 25 mm Hg. Wahlweise kann bei Überschreitung der oberen Grenze während des Versuchsprogrammes auch auf den nächsthöheren Bereich von 100 mm Hg umgeschaltet werden, was bei der Auswertung entsprechend berücksichtigt werden muß.

3. Doppelaerometer nach SMITH

Neben der Kontrolle der Atmung wird das Doppelaerometer vor allem zur vergleichenden Oral- und Nasaldruckmessung verwendet. Deshalb ist es nötig, daß eine aerodynamische

Trennung des Mund- bzw. Nasenatmungsraumes gewährleistet ist. Die Oral-Nasalmaske ist aus diesem Grunde so konstruiert, daß beim Anliegen an die Gesichtspartie die als Trennwand fungierende Gummiplatte gegen die weichen Teile der Nasolabialfalte gedrückt wird, und somit abdichtet. Nach außen hin erfolgt die Abdichtung durch einen konsistenzmäßig härteren Gummiring, welcher die Maske nach außen gegen die übrigen Gesichtsteile abschließt. Innen durch Schaumgummi gepolstert, verläuft er, in etwa einer physiologischen Gesichtsförm angepaßt, von der Nasenwurzel über beide Wangen zum Kinn. Trotz des zur Fixierung nötigen, straffgespannten Gummibandes und damit einer nicht ganz vermeidbaren Behinderung der Lippen- und Kieferbewegung, ist eine gute Artikulationsmöglichkeit gegeben.

Das Doppelaerometer besitzt zwei Systeme zur Registrierung der Atemtätigkeit von Mund und Nase. Um die Ein- und Ausatmung getrennt voneinander beobachten zu können sind Ventile angebracht, welche, mittels zweier gegeneinandergerichteter Gummiklappen den Luftstrom nur nach jeweils einer Richtung passieren lassen. Um ein Vibrieren oder Selbsttönen während des Luftdurchtrittes zu vermeiden sind die Ventile vertikal, um 90 Grad gedreht, befestigt.

Beim Durchtritt der Atemluft weichen die elastischen Klappenränder auseinander und der Lichtstrahl einer 18 V-Lampe, 1 cm vor der Klappe befindlich, tritt, von der momentanen Stellung der Klappenränder moduliert, auf eine etwa 13 mm hinter der Klappe liegenden Photozelle. Letztere setzt die Lichtwertänderungen in elektrische Energie um, die über einen Gleichstromverstärker schließlich den Aufzeichnungskanälen zugeführt wird, um anschließend in Form von Kurvenbildern aufgezeichnet zu werden.

4. Registriergerät

Als Aufzeichnungsgerät dient ein von der Firma Schwarzer hergestellter Elektroencephalograph mit zwölf Kanälen vom ursprünglichen Typ E 521. Die Schreibvorrichtungen werden über Spezialverstärker betrieben, welchen die Impulse von außen (Glottograph, Druckreceptor und Doppelaerometer) zur Aufnahme übermittelt werden. Die jedem Verstärker eigene Empfindlichkeitsregelung erfolgt über eine Einstellung der acht Grobstufen, jeweils 1 : 2 im Verhältnis steigend.

Der eigentliche Registriervorgang spielt sich, mit Hilfe eines Trockendirektschreibers, auf unpräpariertem Papier ab, in Verbindung mit einem langsamer laufenden Kohlepapier. Die Papiergeschwindigkeit kann durch verschieden große Einlegeräder verändert werden. Die Aufzeichnung der Meßwerte der zwölf Verstärkereinheiten wird mittels leichter, aber massiver Stahlfedern, die einen Schreibdruck von 10 g haben, durchgeführt. Bei unseren Versuchen beträgt die Durchlaufgeschwindigkeit 30 mm pro Sekunde.

III. Versuchsauswertung

Es werden die Aufzeichnungen der Oral-, Nasal- und Subglottisdruckkurven von 14 gesunden VP zur Auswertung hergenommen. Bei einer VP konnte während der Untersuchung trotz intensiven Bemühens keine Registrierung des Oraldruckes erzielt werden, was auf einen Defekt im Ableitsystem zurückgeführt wurde.

Alle übrigen Kurvenbilder sind deutlich aufgezeichnet und lassen somit eine exakte Auswertung der Druckverhältnisse zu. Der Meßvorgang des jeweiligen Druckes geht wie folgt vor sich: nach Festlegung einer Nulllinie, die mit Hilfe der In- und Expirationskurven

vorgenommen wird, werden bei den einzelnen Programmpunkten die Ausschläge aller drei Druckkurven während der Atmungs- und Phonationsvorgänge gemessen, sowie registriert. Dieser Vorgang wiederholt sich gemäß der Anzahl des jeweils Gesprochenen dreimal. Aus diesen drei Werten wird der Mittelwert errechnet. Die Mittelwerte aller VP werden mit Hilfe einer Rechenmaschine addiert und anschließend zur Errechnung des Gesamtdurchschnittswertes durch die Anzahl der VP dividiert.

Da wir im wesentlichen an den Phonationsvorgängen der Gaumenverschußlaute g und k interessiert sind, verzichten wir im zweiten Untersuchungsteil, d. h. während der Registrierung des Nasaldruckes, auf den Teil I des Versuchsprogramms. Dieser Entschluß resultiert nicht zuletzt aus der, wegen der relativ langen Versuchsdauer, wachsenden Ungeduld der Versuchspersonen und der dadurch womöglich auftretenden Nachlässigkeit in der Phonationsexaktheit.

Bei der vergleichenden Betrachtung der Kurvenbilder des oralen und subglottischen Druckes fällt auf, daß die Spitzenausschläge vor allem beim harten Stimmeinsatz des Verschußlauten k in beiden Kurvenbildern zeitlich nicht zur Deckung zu bringen sind, sondern je nach Art und Weise der Phonation in verschieden weitem Abstand voneinander auftreten. Die Spitze des subglottischen Druckes stellt sich dabei immer eher dar, als jene des Oraldruckes. Auch bei Berücksichtigung des bei der Ableitung anfallenden Zeitfaktors kann diese Differenz nicht mit der Verzögerung, welche bei der Druckfortpflanzung im Verbindungsstück entsteht (340 m pro Sekunde), erklärt werden. Denn beide Verbindungsstücke, sowohl das von der Kanüle ausgehende als auch das von der Atemmaske zum Druckreceptor führende,

sind gleich lang. Es müssen folglich hier als in Frage kommende Ursachen für diese Zeitverschiebung

- a) die Geschwindigkeit, mit welcher der Luftstrom aus dem Respirationstrakt durch die Glottis befördert wird
- b) die anatomisch bedingte Wegdifferenz welche zwischen subglottischem und oralem Raum besteht und um welche der subglottische Druck früher registriert wird und
- c) die Verhältnisse an den Stimmlippen selbst (d. h. Verschlusskraft, evtl. Schäden etc.) angesehen werden.

Unter Berücksichtigung der Laufgeschwindigkeit des Registriergerätes, welche mit 30 mm/Sec. vorgegeben ist, errechnet sich für die Durchlaufstrecke von 1 mm des Registrierpapiere eine Dauer von 3,33 Hundertstel Sekunden. Die in mm gemessenen Abstände der beiden Druckgipfel, durch welche deshalb parallel zueinander eine vertikal verlaufende Linie gezogen wird, (siehe Kurvenabbildungen) werden in die jeweils anfallenden Zeitverschiebungen umgerechnet. Einzig im ersten Teil des Versuchsprogrammes liegen beim Lachen die Verhältnisse bei einigen VP umgekehrt. Hier erscheint der Druckgipfel in der Oraldruckkurve früher als in der des subglottischen Druckes. Eine genaue Erklärung dieses Verhaltens kann nicht gegeben werden, am ehesten handelt es sich wohl um Übermittlungsfehler bei der Aufzeichnung.

Zwischen dem Oral- und dem Nasaldruck besteht bezüglich des zeitlichen Ablaufes in den Kurvenbildern kein Unterschied. Beide Kurven verlaufen synchron. Nur die Druckerhebungen weisen einen verschieden hohen Ausschlag auf. (siehe Kurvenabbildungen)

Erwähnt soll noch werden, daß ein absolut gleichmäßiger Sitz der Atemmaske mit einem dementsprechend sicheren Abschluß gegenüber der Außenluft nicht gewährleistet ist. Da eine individuelle Anpassung an die jeweilige Gesichtsform des Probanden nicht möglich ist, erfolgt im Einzelfall mit Sicherheit ein Luftaustritt von verschieden großem Ausmaß, was zur Verfälschung der tatsächlich vorherrschenden Druckverhältnisse führt. Das Vorhandensein dieser Fehlerquelle läßt sich allerdings nur subjektiv während unserer Untersuchungen feststellen, so daß keine quantitative Aussage darüber gemacht werden kann.

IV. Ergebnisse

Um einen besseren Gesamtüberblick über das Zahlenmaterial der Versuchsergebnisse zu ermöglichen, werden die einzelnen Abschnitte des Versuchsprogrammes gesondert betrachtet. Aus diesem Grunde werden die durchschnittlich errechneten Druckwerte tabellarisch aufgeführt und durch eine graphische Darstellung veranschaulicht.

Da vor allem bei der Artikulation des Verschlußlautes g ein Stimmeinsatz vorliegt, der einen sanften Anstieg mit flachem Kurvenverlauf nach sich zieht, ohne deutliche Gipfelbildung, erfolgt in diesen Fällen die Angabe des jeweils registrierten Wertes von Null ausgehend bis zum tatsächlich gemessenen Ausschlag. Das heißt also, der Phonationsablauf beginnt mit dem Moment, in dem die Stimmlippen nach der Inspirationsphase geschlossen sind, was an Hand der Kurve der respiratorischen Glottographie abgelesen werden kann. Die Phase der fortschreitenden Öffnungsbewegung der Stimmlippen wird somit zur Registrierung des subglottischen Druckanstieges herangezogen. Im Augenblick des Einsetzens der phonatorischen Stimmlippenbewegungen

ist die Verschlußlautgebung beendet; die Kurve der respiratorischen Glottographie befindet sich am Tiefpunkt, da die Glottis vollkommen geöffnet ist.

Tabelle 1

Durchschnittswerte der subglottischen, oralen und nasalen Druckmessung

I. Teil:			
	<u>Subgl. Druck</u>	<u>Oraler Druck</u>	<u>Nasaler Druck</u>
Ruhige Atmung	-1,11 + 1,30	-0,99 + 1,57	
Tiefe Atmung	-2,13 + 2,59	-2,18 + 2,55	
Hecheln	-4,59 + 3,46	-7,24 + 10,40	
Räuspern	+20,57	-2,53 + 4,40	
lachen	+ 9,57	-2,12 + 7,44	
Pressen	+22,18		
II. Teil:			
<u>Stimmlose Lautgebung</u>			
g	von 0 bis + 6,54	von 0 bis + 1,93	von 0 bis + 2,88
k	von 0 bis + 13,19	von 0 bis + 9,94	von 0 bis + 6,54
<u>Stimmhafte Lautgebung</u>			
ge	von 0 bis + 5,10	von 0 bis + 0,56	von 0 bis + 2,88
ka	von 0 bis + 7,31	von 0 bis + 7,07	von 0 bis + 5,87
<u>Vokale und Mediae</u>			
gi	von 0 bis + 5,29	Ausschläge nur	von 0 bis + 1,90
ge	von 0 bis + 4,84	durch Ein- und	von 0 bis + 1,93
ga	von 0 bis + 4,42	Ausatmung be-	von 0 bis + 1,79
go	von 0 bis + 4,43	dingt	von 0 bis + 1,39
gu	von 0 bis + 4,72		von 0 bis + 1,33

Siehe Abbildung 1 und Abbildung 2 der graphischen Darstellungen

Graphische Darstellung der Durchschnittswerte des subglottischen und oralen Druckes
Teil I der Untersuchung

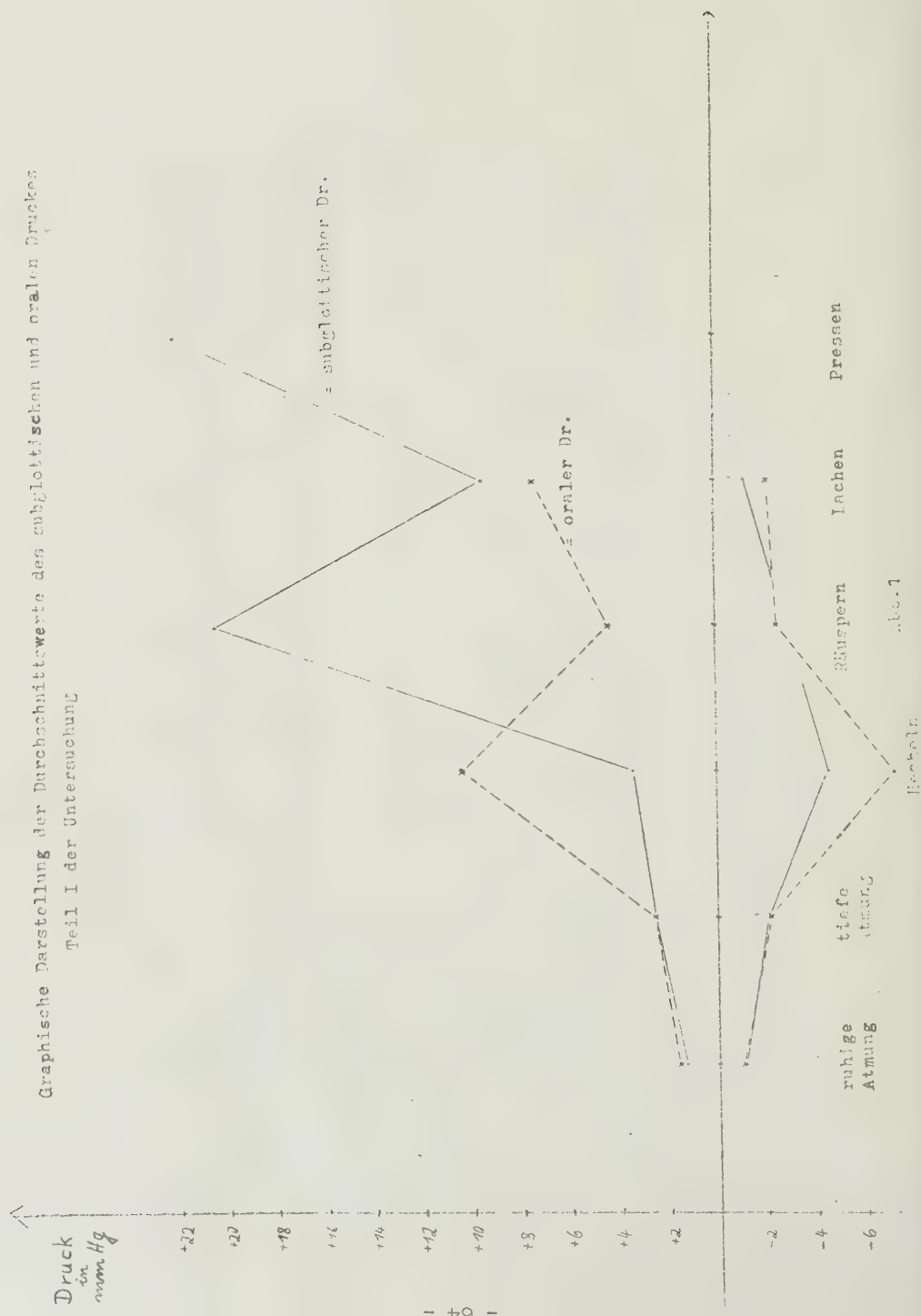
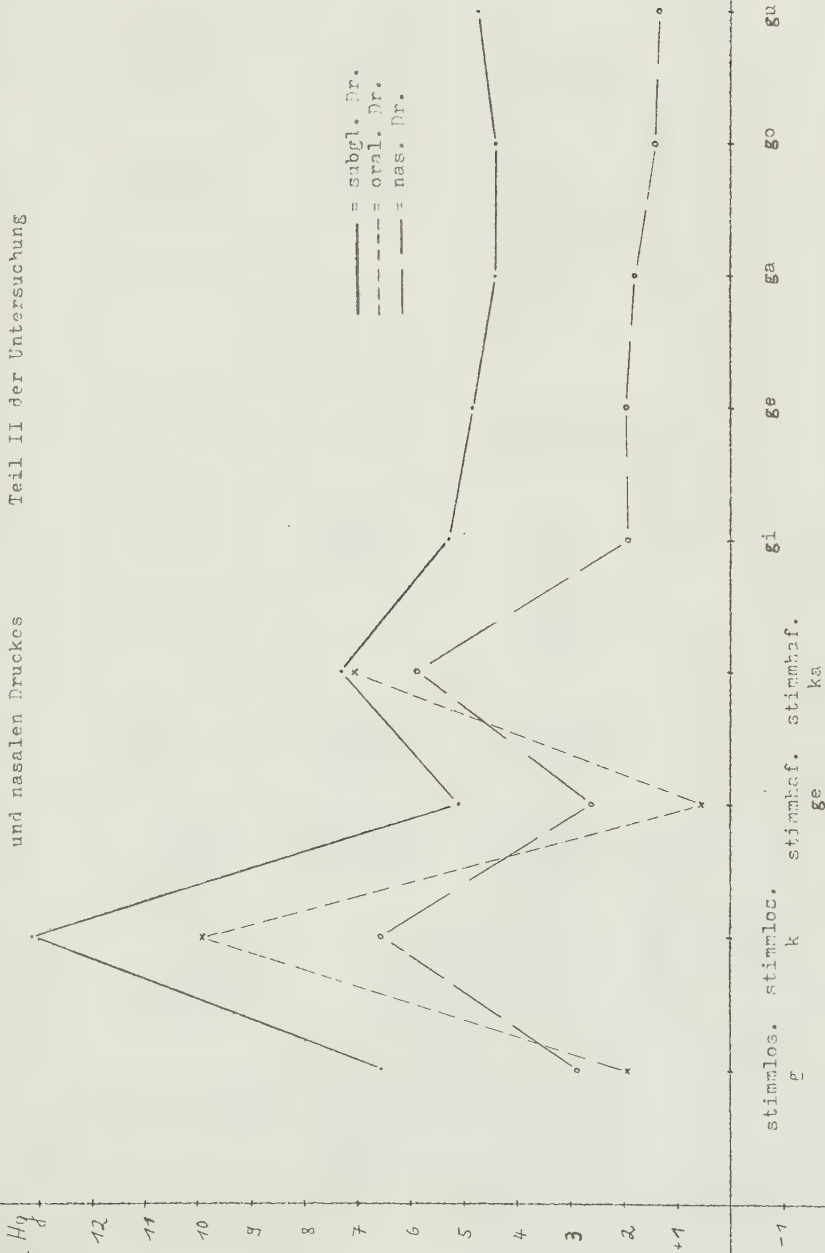


Abb. 1

Druck
in
mm Hg

Graphische Darstellung der Durchschnittswerte des subglottischen, oralen
und nasalen Druckes Teil II der Untersuchung



Worte	<u>Subgl. Druck</u>		<u>Oraler Druck</u>		<u>Nasaler Druck</u>	
	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>
Gickel	von 0 bis +6,42	+7,08	Beim Anlaut	+5,82	von 0 bis +1,82	+5,80
Geck	von 0 bis +6,32	+7,43	kein Druck-	+4,63	von 0 bis +1,65	+5,78
Gackern	von 0 bis +4,80	+7,28	anstieg	+5,73	von 0 bis +1,48	+6,32
Gockel	von 0 bis +4,92	+6,72		+5,48	von 0 bis +1,65	+6,32
Gucken	von 0 bis +5,49	+7,40		+5,32	von 0 bis +1,55	+5,90
<u>Vokale und Tenues</u>						
xik	+6,06	+7,49	+3,80	+3,71	+4,57	+4,98
kek	+5,61	+6,95	+4,70	+3,60	+5,20	+4,72
kak	+5,24	+6,50	+5,01	+3,37	+5,92	+4,47
kok	+4,74	+6,49	+4,09	+3,46	+4,98	+4,33
kuk	+5,39	+6,59	+4,25	+3,05	+4,61	+4,32
<u>Worte</u>						
Kicken	von 0 bis +6,14	+7,90	+4,80	+5,17	+5,90	+5,50
Keck	von 0 bis +6,28	+7,85	+6,28	+4,54	+6,72	+5,70
Kakadu	von 0 bis +5,44	+7,41	+5,54	+5,15	+6,15	+5,59
Kokos	von 0 bis +5,07	+6,58	+4,59	+4,51	+5,40	+5,07
Kuckuck	von 0 bis +6,34	+7,55	+5,68	+4,70	+5,77	+4,99
		<u>S</u> +6,23		<u>S</u> +3,65		<u>S</u> +4,16

A = Anlaut
M = Mittellaut
S = Schlußlaut

Siehe Abb. 3, 4 und 5 der graphischen Darstellungen

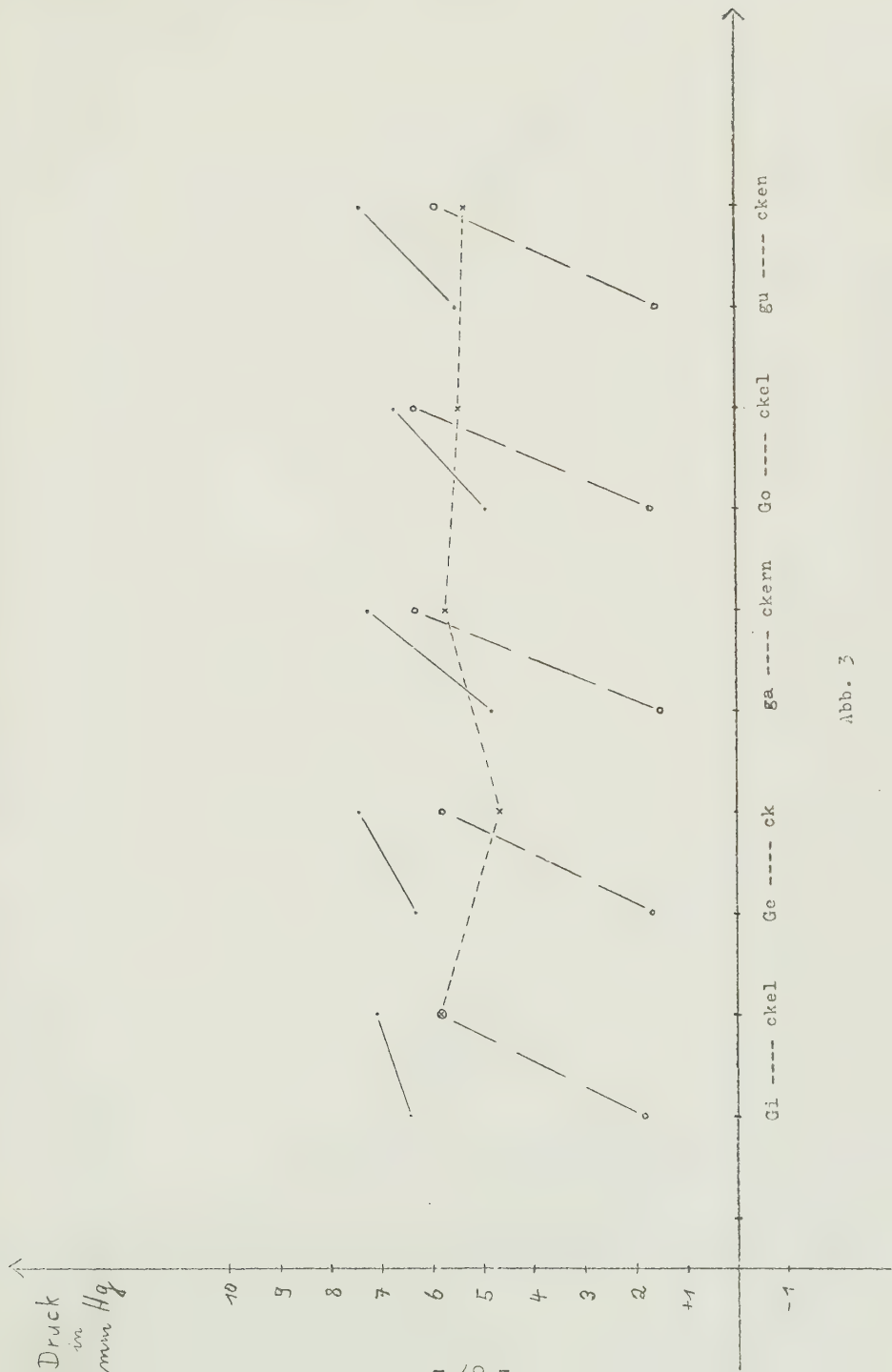


Abb. 3

Druck
in
mm Hg

10

9

8

7

6

5

4

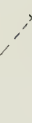
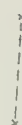
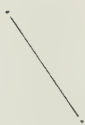
3

2

+1

-7

1 00 1



ki ---- k

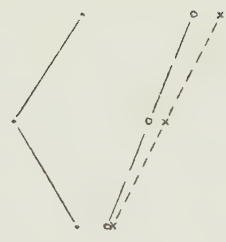
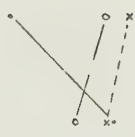
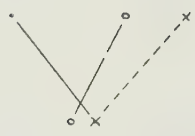
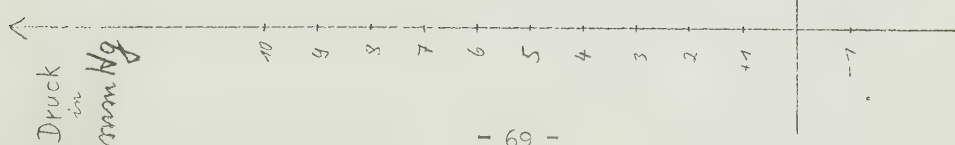
ke ---- k

ka ---- k

ko ---- k

ku ---- k

Abb. 4



ki ----- cken ke ----- ck ka ----- kadu ko ----- kos ku ----- cku ----- ck

Abb. 5

Fortsetzung von Seite 66 Tabelle 3

<u>Sätze</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>
Kurt	+5,66		+5,12		+5,92	
und	+5,59		+3,23		+4,77	
Gerda	+4,49		+1,31		+1,65	
kaufen	+4,85	von 0 bis	+5,26		+5,12	
ganze	+4,47	von 0 bis	+1,01		+1,71	
grüne	+3,72	von 0 bis	+1,38		+1,76	
Gurken	+4,26	+5,64 von 0 bis	+0,88	+4,42	+1,80	+4,99
Gerne	+4,60					
gibt	+4,62	von 0 bis	+0,82		+1,79	
Gerda	+4,18	von 0 bis	+0,77		+1,67	
Onkel		+5,38 von 0 bis	+0,90	+5,03	+1,86	+5,29
Gustav	+4,18					
Kakao	+4,47	+6,48 von 0 bis	+0,74	+4,65	+1,40	+5,05
			+4,38		+4,70	

Siehe Abb. 6 und 7 der graphischen Darstellungen

Druck
in
mm Hg

-10

-9

-8

-7

-6

-5

-4

-3

-2

-1

-7

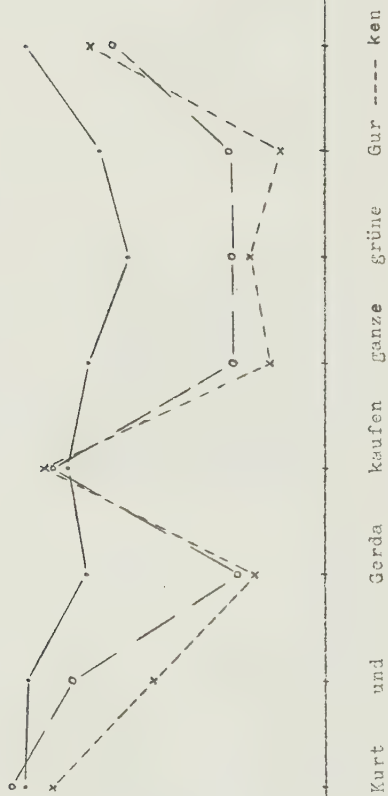


Abb. 6

Druck
mm Hg

10

9

8

7

6

5

4

3

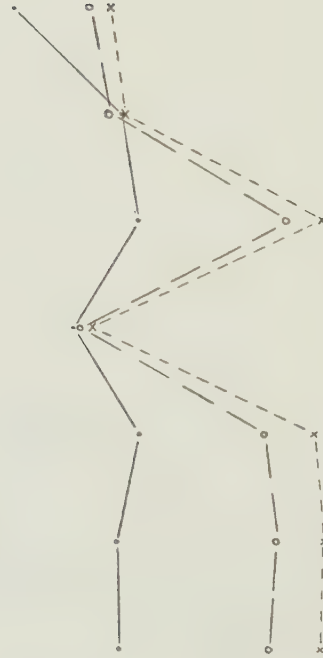
2

+1

-1

Cerne Eibt Gerda Onkel Gustav Ka ---- kao

abt. 7



Eine zeitliche Verschiebung zwischen den subglottischen und oralen Druckmaxima läßt sich nur bei der Phonation des Verschußlautes k sicher nachweisen. Gemäß dem hierbei bedingten harten Stimmeinsatz steigt die Druckkurve bis zum Augenblick der Stimmlippensprengung unter Bildung eines deutlich sichtbaren Gipfels an. Der Anstieg der subglottischen Druckkurve erfolgt dabei infolge der Bemühung einer möglichst langsamen und genauen Aussprache bei k als Anlaut weniger steil, als bei der Oraldruckkurve. Steht k als Auslaut, erfolgt im subglottischen Raum ein rascherer Druckabfall nach der Stimmlippensprengung während die Oraldruckkurve langsam abfallend ausläuft.

Die Druckgipfel des Oraldruckes fallen mit den Maxima der ausgeatmeten Luftmenge zusammen. Im folgenden werden die zwischen subglottischem und oralem Druck auftretenden zeitlichen Verschiebungen aufgeführt. Dabei wird jede Position des gesprochenen k, das heißt, ob es als An-, Mittel- oder Auslaut steht, gesondert betrachtet. Neben der zeitlichen Gesamtdurchschnittsverschiebung betrachten wir auch die Länge der Verschiebungen im einzelnen.

Durchschnittliche zeitliche Verschiebung der
subglottischen und oralen Druckmaxima des
Verschlußlautes k

stimmloses	k	7,01/100 sec
stimmhaftes	ka	6,38/100 sec
	Gi- <u>ckel</u>	5,90/100 sec
	Ge- <u>ck</u>	10,13/100 sec
	Ga- <u>ckern</u>	5,96/100 sec
	Go- <u>ckel</u>	5,69/100 sec
	Gu- <u>cken</u>	6,09/100 sec

	<u>Anfang</u>	<u>Schluß</u>
5,98/100 sec	<u>kik</u>	9,88/100 sec
5,50/100 sec	<u>kek</u>	11,20/100 sec
4,59/100 sec	<u>kak</u>	9,14/100 sec
4,46/100 sec	<u>kok</u>	10,22/100 sec
5,07/100 sec	<u>kuk</u>	9,92/100 sec

	<u>Mitte</u>
5,96/100 sec	<u>ki-cken</u>
	<u>(Schluß)</u>
5,86/100 sec	<u>k-eck</u>
5,40/100 sec	<u>Ka-ka-du</u>
5,76/100 sec	<u>Ko-kos</u>
5,63/100 sec	<u>Ku-cku-ck</u>
	<u>(Schluß)</u>
	9,24/100 sec

	<u>Kurt</u>	6,96/100 sec
	<u>kaufen</u>	6,38/100 sec
	Gur- <u>ken</u>	4,73/100 sec
	On- <u>kel</u>	6,31/100 sec
	<u>Mitte.</u>	
4,65/100 sec	<u>Ka-kao</u>	5,40/100 sec

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt vor allem der deutliche Zeitunterschied auf, der zwischen den An- und Auslautwerten besteht. Es erweist sich, daß die im Falle der Auslaute auftretende zeitliche Verschiebung fast regelmäßig etwa doppelt so lange ist, wie bei der Anfangsartikulation. Die Reihe der Anfangs- und Schlußwerte gesondert gesehen, ergibt nur geringfügige Differenzen untereinander, die $2/100$ Sekunden nicht überschreiten. Ähnlich verhält sich der Vergleich der Mittellautwerte, bei denen nur ein Unterschied von ca. $1,5/100$ Sekunden besteht. Ebenso geringfügig fällt die Differenz zwischen der Reihe der Anlaut- und Mittellautwerte aus, wie aus unseren Angaben zu ersehen ist. Es erweist sich außerdem, daß die Art und Weise des Stimmeinsatzes ohne nennenswerten Einfluß auf die im weiteren Verlauf eines Wortes auftretenden Verschluslautwerte, bzw. deren zeitliche Verschiebung ist. Diese Aussage bezieht sich ausschließlich auf die aus unserem Versuchsprogramm hervorgehenden Ergebnisse. Der sich uns bietende Vergleich zwischen hartem und weichem Stimmeinsatz beinhaltet ja nur die Konsonanten g und k.

Am Beispiel der beiden Worte "Geck" und "keck" ergeben sich in beiden Fällen für die Auslaute zeitliche Verschiebungen, die $10,13/100$ Sekunden bzw. $9,38/100$ Sekunden betragen. Daß jedoch eine Verschiebung im Rahmen $1/100$ Sekunde nach oben oder unten möglich ist, ersehen wir aus den Ergebnissen der Testwortreihe "Vokale" und "Tenues", in der für "keck" eine zeitliche Verschiebung von $11,20/100$ Sekunden registriert ist.

Die im Verlauf der beiden Sätze des Versuchsprogrammes auftretenden Ergebnisse weisen keine Besonderheiten gegenüber dem oben Ausgesagten auf.

Ein Vergleich der Oraldruckkurven mit denen des Nasaldruckes zeigt auf, daß zwischen diesen beiden Druckabläufen keine zeitliche Verschiebung auftritt. Die Gipfel liegen in den Kurvenbildern exakt übereinander und unterscheiden sich lediglich in der Höhe des Auschlages.

F) DISKUSSION UND LITERATURVERGLEICH

Die Ergebnisse des allgemeinen I. Teiles der Untersuchung werden an Hand der graphischen Darstellungen in Verbindung mit den früheren Resultaten anderer Autoren diskutiert.

Bei der Betrachtung der Abbildung 1 der graphischen Darstellung zeigt sich, daß bei physiologischen Verhältnissen und langsamer, gleichmäßiger Atembewegung der Verlauf des subglottischen und oralen Druckes fast deckungsgleich ist. (siehe ruhige und tiefe Atmung) Beim Hecheln fällt sowohl im positiven als auch im negativen Druckbereich der größere Oraldruckausschlag auf, während beim Räuspern und Lachen vor allem bei ersterem ein deutlich höher gelegener Wert vorliegt. Der am höchsten registrierte positive Ausschlag findet sich jedoch in der Kurve des subglottischen Druckes beim Pressen, wo die gesamte im Brustraum befindliche Luft am Austritt durch die Glottis gehindert wird. Erwartungsgemäß bleibt dabei die Oraldruckkurve im Nullniveau.

Beim Vergleich unserer Ergebnisse mit denen anderer Autoren muß den unterschiedlichen Versuchsanordnungen Rechnung getragen werden. Ein direkter Vergleich bietet sich bei denjenigen Autoren, die ebenfalls zur Bestimmung des subglottischen Druckes die direkte Meßmethode, d. h. die Punktion des subglottischen Raumes, anwenden. Die Angaben über die bei der Atmung auftretenden Druckwerte unterscheiden sich von den unseren nur geringfügig. LOEBELL und MENDEL geben für die ruhige und tiefe Atmung +1,6 mm und 4,7 mm Hg, bzw. +1,61 mm und 3,18 mm Hg an. Unsere registrierten positiven und negativen Drucke liegen mit +1,30 mm und 2,59 mm Hg in der Expiration etwas darunter, ebenso wie die beim

Hecheln und Lachen festgestellten Werte von 3,46 mm bzw. 9,57 mm Hg, für die MENDEL 4,47 mm und 11,18 mm Hg angibt. NOLD beschreibt bei der tiefen Atmung einen durchschnittlich errechneten Wert von 2,57 mm Hg.

Der II. Teil der Untersuchung befaßt sich mit der Analyse der Druckverhältnisse im Atem- und Stimmtrakt während der Phonation der Gaumenverschlußlaute g und k. Die Resultate der einzelnen Abschnitte werden miteinander verglichen.

Wie in Abbildung 2 der graphischen Darstellung deutlich zu erkennen ist, fällt der Druck während der Phonation beim weichen Stimmeinsatz von g, gleichgültig, ob stimmlos oder stimmhaft, vom höchsten im subglottischen Raum registrierten Wert über den nasalen zum niedrigsten oralen Druckwert ab. Dem gegenüber läßt sich beim einfachen harten Stimmeinsatz des einzelnen Explosivlautes k eine Umkehrung der Druckverhältnisse in Mund und Nase feststellen. Jetzt liegt der Oraldruck deutlich höher. Bei der explosionsartigen Glottissprengung läuft die Hauptdruckwelle also durch den Mund.

Die von ISSHIKI und RINGEL an Hand ihrer Luftstromgeschwindigkeitsmessungen gefundenen höheren Druckwerte bei stimmlosen gegenüber stimmhaften Konsonanten finden wir grundsätzlich bestätigt. Dem von ihnen registrierten Druck von 9,93 mm Hg im subglottischen Raum beim stimmlosen k und 7,76 mm Hg beim stimmhaften k stehen 13,19 mm bzw. 7,31 mm Hg unserer Angaben gegenüber; die Werte bei der stimmhaften Lautgebung können als fast identisch angesehen werden, wohingegen der Druck bei der stimmlosen Phonation in unseren Versuchen doch erheblich höher liegt.

STRENGERS Ergebnisse über die Verschlußlautgebung, die bei 4,5 mm Hg für k liegen, stimmen nicht mit den unsrigen überein und erscheinen allgemein etwas zu niedrig. Der

bei der Lautgebung von g beschriebene Druck in Höhe von 5,2 mm Hg ist nahezu mit dem von uns gefundenen Wert identisch.

MENDEL, der in etwa dieselbe Versuchsanordnung wie wir verwendet, gibt für die beiden Beispiele "aga" und "aka" 7,93 mm bzw. 11,52 mm Hg an.

In der Kurve fünf unserer Kurvenausschnitte sind bei der stimmlosen Lautgebung von k die Bewegungsabläufe an den Stimmlippen gut zu beobachten. Vor dem Anstieg der subglottischen Druckkurve befinden sich die rima glottidis in verschlossenem Zustand. Mit Erreichen des Druckgipfels erfolgt die Sprengung, die Stimmlippen sind nun geöffnet und ermöglichen plötzlich eine Passage der ausgeatmeten Luft. Die Luftmenge durchströmt den Mundraum, wobei es in der oben beschriebenen Zeitdifferenz zur Ausbildung des Oraldruckmaximas kommt. Wie aus Kurve fünf ersichtlich ist, befindet sich die Oraldruckkurve im Moment des höchsten Ausschlagens der subglottischen Druckwelle noch im Nulllinienverlauf. Der Oraldruckgipfel fällt mit dem Maximum der bei der Lautgebung ausgeatmeten Luftmenge zusammen.

In der Reihe der "Vokale" und "Mediae" ist bei allen VP in der Aufzeichnung des Oraldruckes nur eine Niveauänderung bei der Ein- und Ausatmung, bzw. eine durch den jeweiligen Vokal bedingte Erhebung festzustellen, aber nicht bei der Artikulation des anlautenden g. Die Nasaldruckkurve hingegen weist in Form kleiner Erhebungen eine meßbare Druckerhöhung auf, etwa um $\frac{1}{3}$ kleiner wie jene des subglottischen Druckes, wenn man beide vergleicht.

Aus Abbildung 3 der graphischen Darstellung geht eindeutig hervor, daß das anlautende g der Testwortreihe sowohl bei der Betrachtung des subglottischen als auch

des nasalen Druckes einen geringeren Druckanstieg verursacht, als das mittel- bzw. endständige k. Besonders anschaulich kommt dabei zum Ausdruck, daß der Nasaldruck zwischen Anlaut und Mittellaut, bzw. Schlußlaut (diese beiden Werte unterscheiden sich unwesentlich) - eine deutlich größere Druckdifferenz im Vergleich zum subglottischen Druck aufweist.

Ein Anstieg des Oraldruckes kann wiederum nur bei k beobachtet werden. Die Werte liegen, mit Ausnahme desjenigen im Testwort "Gickel", auch tiefer als bei den anderen Drucken. Auffallend ist, daß der Druckanstieg des auslautenden k in "Geck" unter demjenigen der mittelständigen Konsonanten der übrigen Testworte dieser Reihe bleibt. Dieser augenscheinliche Widerspruch zu den gefundenen Erkenntnissen bei der stimmhaften bzw. stimmlosen Lautgebung ist sicher auf die verminderte Lautstärkenintensität und dem damit einhergehenden ungenaueren Artikulieren zurückzuführen.

Beim folgenden Punkt des Versuchsprogrammes, den "Vokalen und Tenues" ist aus der Abbildung 4 ersichtlich, daß sich beim zweimaligen harten Stimmeinsatz die Druckdifferenzen verkleinern, gegenüber der Betrachtung der mit g anlautenden Worte.

Die Darstellung der Nasaldruckwerte weist im Verlauf der graphischen Zeichnung eine Richtungsumkehr der in Verbindung mit den Vokalen e, a, o und u stehenden Tenues gegenüber "kick" auf. Liegt der Wert des Schlußlautes k bei kick noch höher, so ist das Verhältnis bei den übrigen Beispielen umgekehrt. Beim Oraldruck ist diese Tendenz durchgehend festzustellen, während der subglottische Druck den höheren Wert im Auslaut verzeichnet. Im übrigen finden sich die höchsten Druckausschläge auch hier wieder im Bereich des subglottischen Druckes.

Ein direkter Vergleich mit Oraldruckergebnissen anderer Veröffentlichungen ist nur bedingt möglich, da beispielsweise der gefundene Wert von 5,0 mm Hg von FISCHER-JORGENSEN für den Verschlußlaut p und darüber hinaus in dänischer Sprache registriert wird. Dennoch bildet diese Angabe eine gute Vergleichsmöglichkeit mit unseren Resultaten, die in der Reihe der "Vokale und Tenues" zwischen 3,80 und 5,01 mm Hg für k als Anlaut und 3,05 bis 3,71 mm Hg als Schlußlaut liegen.

Ähnlich verhält es sich bei dem Wert von SUBTELNY et al., die für die Verschlußlautgebung von k in englischer Sprache bei männlichen Versuchspersonen einen Mittelwert von 4,54 mm Hg angeben.

Schließlich zeigen die von BROWN und MC GLONE beschriebenen Druckwerte für die Konsonanten t 5,80 mm Hg und d 3,15 mm Hg obwohl sie nicht für einen direkten Vergleich herangezogen werden können, insgesamt gesehen mit den übrigen Resultaten eine gute Übereinstimmung mit unseren Werten.

In der Abbildung 5 finden sich im wesentlichen dieselben Druckverhältnisse wie in Abbildung 4. Bei "Kuckuck" liegt von den drei Werten derjenige des Mittellautes am höchsten, bei fast gleich großem Druckanstieg des An- und Schlußlautes. Die Werte des Oral- und Nasaldruckes weisen im Verlauf der Phonation einen Druckabfall auf.

Die beiden gesprochenen Sätze (Abbildung 6 und 7) bestätigen im wesentlichen die bisherigen Aussagen. Der subglottische Druck ist größer, als der Nasal- und der noch geringere Oraldruck. Die Werte des Anlautes g liegen in allen drei Druckbereichen unter denen des Konsonanten k, nur daß die Druckdifferenz beim Nasal- und Oraldruck deutlicher ausfällt.

Bei einigen Kurvenabbildungen (Kurve 17, 18, 19, 21) ist im Kurvenverlauf des Nasaldruckes bereits vor Beginn der eigentlichen Phonation ein Druckanstieg in Form einer kleinen Erhebung festzustellen. Diese Beobachtung steht ganz im Einklang mit der Aussage von E. MÜLLER, der bereits unter dem Einfluß des Sprechwillens eine Anhebung des Gaumensegels beschreibt, bevor sich die Lippen zum Anlaut formen. Die Einstellungsbewegung des Gaumensegels ist somit für den damit verbundenen Druckanstieg verantwortlich.

Der von FISCHER-JORGENSEN, ISSHIKI und RINGEL aufgestellten These, daß übereinstimmend geringere Oral- bzw. Subglottisdruckwerte bei stimmhaften gegenüber stimmlosen Verschußlauten vorherrschen, stimmen wir nur teilweise zu. Bestätigt sehen wir diese Aussage nur bei der Lautgebung des einzelnen Konsonanten. Wird dieser Konsonant jedoch in Verbindung mit einem Wort gesprochen, wie z. B. in "Kuckuck" oder steht er als Tenuis in Verbindung mit einem Vokal (Abbildung 4), so trifft dies nicht zu.

Die beschriebene zeitliche Verschiebung der Druckgipfel ist in unserer Versuchsreihe nur durchgehend beim harten Stimmeinsatz von k nachweisbar. Qualitativ kann darüber gesagt werden, daß vor allem zwischen den Anlaut- und Schlußlautwerten eine deutliche Differenz besteht, während sich die Werte der mittelständigen Konsonanten nur geringfügig von denen der Anlaute unterscheiden.

Beim einzeln gesprochenen Explosivlaut ist die Verschiebung bei der stimmlosen Phonation etwas ausgeprägter als bei der stimmhaften.

Die durchschnittlichen Zeitdifferenzen liegen insgesamt betrachtet etwa zwischen 4,5 und 11/100 Sekunden, wobei die Schlußwerte meist doppelt so groß sind, wie die der Anlaute, was vor allem aus dem Programmpunkt "Vokale und Tenuis" hervorgeht.

G) ZUSAMMENFASSUNG

Im allgemeinen Teil I werden die Druckverhältnisse im subglottischen und oralen Raum an 14 gesunden, männlichen Versuchspersonen untersucht und verglichen. Die Druckregistrierung erfolgt durch die Punktion des subglottischen Raumes im Bereich des ligamentum conium (direkte Methode); Oral- und Nasaldruck werden mit Hilfe der Atemmaske nach S. SMITH geprüft.

Die Werte der Atmung, sowohl der ruhigen, als auch der tiefen, unterscheiden sich in beiden Regionen nur unwesentlich (siehe Abbildung 1). Beim Hecheln übertrifft der Oraldruck den subglottischen sowohl im negativen als auch im positiven Bereich deutlich mit -7,24 bzw. +10,40 zu -4,59 bzw. +3,46 mm Hg. Die höchsten subglottischen Druckwerte werden beim Räuspern, + 20,57 mm Hg und beim Pressen, + 22,18 mm Hg, registriert. (Vergleiche Abbildung 1 der graphischen Darstellung)

Der zweite, spezielle Teil beginnt mit der vergleichenden Messung des subglottischen, oralen und nasalen Druckes bei der Lautgebung der Gaumenverschußlaute g und k. Die stimmlose Lautgebung liefert sowohl bei g als auch bei k gegenüber der stimmhaften höhere Druckanstiege in allen drei Druckbereichen, (siehe Tab. 1 und Abb. 2) wobei der Größenordnung nach bei der Lautgebung von k die subglottischen Druckwerte über den oralen und den darunterliegenden nasalen stehen. Bei der Lautgebung des Gaumenverschußlautes g dagegen, liegen die nasalen Werte über den im Oralraum registrierten.

Im weiteren Verlauf der Untersuchung erweist sich, daß beim weichen Stimmeinsatz von g, sowohl in Verbindung mit den Vokalen i, e, a, o und u als auch als Anlaut von einer Wortreihe, keine Oraldruckausschläge in den

Kurvenbildern sichtbar sind. Der Nasaldruck verhält sich dabei zum subglottischen Druck im Verhältnis von etwa 1 : 3 bis 1 : 4. (Tab. 1 und 2, Abb. 2 und 3)

Über den harten Stimmeinsatz von k am Beispiel der "Vokale und Tenues" und der Testwortreihe mit k als An-, Mittel- und Auslaut, ist zusammenfassend zu sagen: die Werte der stimmhaften Anlaute liegen beim subglottischen Druck fast ausnahmslos unter jenen der Mittel- und Schlußlaute, gleichgültig ob diese stimmlos oder stimmhaft gesprochen werden. Für den Oral- und Nasaldruck trifft dies nur in einem Beispiel zu, wenn der Anlaut k stimmhaft in Verbindung mit dem hellen Vokal i gesprochen wird. In den übrigen Fällen liegt das Verhältnis umgekehrt. (siehe Abb. 4 und 5) Dieses letzte Ergebnis steht im Gegensatz zu der Aussage über die Verhältnisse bei der Lautgebung des alleinstehenden k, ebenso wie die Tatsache, daß nun der nasale Druck stets höher als der Oraldruck ausfällt, ersterer im Anlaut sogar des Öfteren den subglottischen Druck übertrifft. Die beiden Satzbeispiele am Schluß unseres Versuchsprogrammes bestätigen dieses Ergebnis.

Ein wesentlicher Punkt der Untersuchung liegt in der Frage der zeitlichen Korrelation der drei Druckgrößen. Es stellt sich heraus, daß bei der Phonation des Gaumenverschußlautes k zwischen den dabei auftretenden subglottischen und oralen Druckausschlägen eine zeitliche Verschiebung von unterschiedlichem Ausmaß auftritt. Berücksichtigt muß dabei werden, ob bei der Phonation k als An-, Mittel- oder Auslaut steht. Wir registrieren im Anlaut eine zeitliche Verschiebung von 4,46 bis 6,96/100 Sekunden, wobei die Druckgipfel der Oraldruckkurve gegen-

über denjenigen der subglottischen Druckkurve um diesen Zeitwert verspätet aufgezeichnet werden. Die Werte von k als Mittellaut liegen etwa in derselben Größenordnung. Nimmt k die Position des Schlußlautes ein, vergrößert sich die zeitliche Verschiebung im Verhältnis 1 : 2 zum Anlaut. Es lassen sich 9,14 bis 11,20/100 Sekunden registrieren.

Der zeitliche Ablauf von Oral- und Nasaldruck weist während der Verschußlautgebung von k keinerlei Unterschiede auf. (Vergleiche Kurvenbilder)

H) LITERATURVERZEICHNIS

- ARKEBAUER, H. J.: A Study of Intraoral Air Pressure Associated with Production of Selected Consonants
Ph. D. Dissertation, State University of Iowa (1964)
- ARNOLD, G. E.: zitiert nach LUCHSINGER, R.
- ARON, E.: Archiv für path. Anat. usw. 129 (1892)
- BARTH, E.: Einführung in die Physiologie, Pathologie und Hygiene der menschl. Stimme; Thieme, Leipzig (1911)
- BENNINGHOFF, A.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen
2. Band
Urban und Schwarzenberg München-Berlin 1952
- BENNINGHOFF, A.: u. GOERTTLER, K.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen
3. Band
Urban und Schwarzenberg München-Berlin-Wien 1957
- BERENDES, J.: Die Schwingungsform der Stimmlippen beim Aufblasen des Kehlkopfes ohne Innervation
Arch. f. Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde 173
S. 283-285 (1958)
- BERG VAN DEN J.: Sur les Theories Myo-élastique et Neurochronaxique de la Phonation
Rev. de Laryng. Extr. du Nov. 5-6
494-511 (1954)
- Direct and Indirect Determination of the Mean Subglottic Pressure
Folia phoniat. 8, 1-24 (1956)
- Physiologie et Physique de la Vibration des Cordes Vocales
Larynx et Phonation 51-69 (1957)
- Subglottic pressure and Vibrations of the vocal folds
Folia phoniat. 9, 65-71 (1957)

- BERG VAN DEN J.: Modern Research in Experimental
Phoniatries
Folia phoniatr. 14, 81-149 (1962)
- BERGER, W.: 2. Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde
19, 426 (1928)
- BÖHME, G.: Untersuchungsmethoden der Stimme und
Sprache
Verlag Johann Ambrosius Barth
Leipzig, 1972
- BROWN, W. S. u.
MC GLONE, R. E.: Relation of Intraoral Air Pressure
to Oral Cavity Size
Folia phon. 21, 321-331 (1969)
- CHEVRETON zit. nach LUCHSINGER, R.
- CHEVRIE, C. et
MULLER, C.: Contribution à l'étude des traces
glottographiques chez l'adulte normal;
usw.
Rev. Laryng. Bordeaux, 88, 227-242 (1967)
- COURTARDÈ, A. zit. nach UDDSTRÖMER, M.
- CZERMAK zit. nach LUCHSINGER, R.
- DONDERS zit. nach EWALD, J. K.
- DRAPER, M.,
LADEFOGED, P. and
WHITTERIDGE, D.: Expiratory Pressures and Air Flow
during Speech
Brit. med. J. 18, 1837-1843 (1960)
- DUNKER, E. u.
SCHLOSSHAUER, B.: Klinische und experimentelle Studien
über Stimmlippenschwingungen
Arch. f. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 172
S. 363-380 (1958)
- EWALD, J. K.: Der normale Atemdruck und seine Kurve
Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie
19, (1879)
- Pflügers Archiv 152, 174 (1913)
- FABRE, Ph.: zit. nach HUBER, E.
- FERREIN, A.: zit. nach LUCHSINGER, R.
- FESSARD, A. et
VALLANCIEN, B.: Journal Physiol. 48, 538 (1956)

- FISCHER-JORGENSEN, E.: Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen Stimmhaftigkeit und intra-oralem Luftdruck
Zeitschr. f. Phonetik, Sprachwissenschaft und Kommunikationsforsch. 16, 19-36 (1963)
- FLANAGAN, J. L.: Estimates of intraglottal Pressure during Phonation
J. Speech Res. 2, 168-172, (1959)
- FLIES zit. nach LUCHSINGER, R.
- FRITZELL zit. nach SCHLOEMILCH, P.
- GREMY, F. et STRIGLIONI: Contribution à l'étude de la physiologie du larynx en voix parlée
Apport de l'électro-glottographie
Rev. Laryng. Bordeaux 84, 399-408 (1963)
- GUTZMANN, H.: Zur Frage der gegenseitigen Beziehung zwischen Bauch- und Brustatmung
Verb. dtsh. Ges. innere Med. (20. Kongreß) 1902
- Physiologie der Stimme und Sprache
Braunschweig 1909 1. Auflage
- GUTZMANN, H. u. LOEWY, A.: Über den intrapulmonalen Druck und den Luftverbrauch bei der normalen Atmung, bei phonetischen Vorgängen und bei der expirat. Dyspnoe
Pflügers Arch. f. d. gesamt. Physiologie 180, 111-137 (1920)
- GRÜTZNER, P.: Physiologie der Stimme und Sprache
In L. Hermanns Handbuch der Physiologie Bd. 1, Teil 2, Leipzig 1879
- HARRINGTON zit. nach LUCHSINGER, R. u. ARNOLD, G. E.
- HASSLINGER, F.: Der intratracheale Druck unter normalen und pathologischen Verhältnissen
Zeitschr. f. Hals-Nas.-Ohrenheilk. 16, 302-321 (1926)
- HEGENER zit. nach LUCHSINGER, R.

- HERMANN, L.: Fortgesetzte Untersuchungen über die Konsonanten
Pflügers Arch. 83, 1 (1901)
- HUBER, E.: Glottographie und Diaphanographie des Kehlkopfes
Dissertatio, München 1971
- HÜLSE, E.: Über den Durchschnitts-Luftvolumen-Verbrauch und über die Beziehungen zwischen Ein- und Ausatmung bei der Phonation
Vox 1936
- ISSHIKI, N. and RINGEL, R.: Air flow during the production of selected consonants
J. Speech Res. 7, 223-244 (1964)
- JESCHEK, J.: Über die klinische Bedeutung der respiratorischen Bewegungen in den oberen Luftwegen
HNO-Monatsheft 87, 114-117 (1953)
- KAHLER zit. nach LUCHSINGER, R.
- KALLEN zit. nach LUCHSINGER, R.
- KATZENSTEIN, J. u. DU BOIS-REYMOND, R.: Arch. Anat. u. Phys. 551 (1905)
- KAYSER, R.: zit. nach UDDSTRÖMER, M.
- KICKHEFEL, G.: Untersuchungen über die Expiration und über das Pfeifen im luftverdichteten Raum
Arch. f. Laryng. 32, 495 (1919)
- KILLIAN zit. nach LUCHSINGER, R.
- KIRIKAE, J.: zit. nach LUCHSINGER, R.
- KORNER zit. nach LUCHSINGER, R. u. ARNOLD, G. E.
- KUNZE, L. H.: Evaluation of Methodes of Estimating Subglottal-Air Pressure
J. Speech Res. 7, 151-164 (1964)

- LADÉFOGED, P.: The regulation of subglottal pressure
Folia phoniatr. 12, 169-175 (1960)
- LAGET, P.: Reproduction expérimental de la vibration
des cordes vocales, en l'absence
de tout courant d'air, par stimulation
électrique usw.
Portmanns Rev. Laryng. Febr. 1953
- LATOURE, C.: Compt. rend. Paris 1837
Annal d. sc. natur. 7 u. 8 1837
- LISTON: Pract. Surg., London 1840, S. 410
- LOEBELL, E.: Über Glottographie; Experimentelle
Untersuchung
Verh. Dtsch. Ges. Stimm- und Sprach-
heilkunde, Saarbrücken 1965
- Über den klinischen Wert der Elektro-
glottographie
Arch. f. HNO-Heilk. 191, 76, 760-764
- Direkte Messung des subglottischen
Luftdrucks
Arch. Klin. Exp. Ohr.-Nas.-Kehlkopf-
heilk. 194, 316-320, Dez. 1969
- Neue Ergebnisse der Elektroglo-
tophraphie
Oto-Rhino-Laryngologie, Proceedings
of the Ninth International Congress,
Mexico, D. F., Excerpta Medica
Amsterdam, 1970
- LOEBELL, H.: zit. nach LUCHSINGER, R.
- LUCHSINGER, R.: Stimmphysiologie und Stimmbildung
Springer Verl. Wien 1951
- Physiologie der Stimme
Folia phoniatr. 5, 53, 93-99, 116 (1953)
- Der zeitliche Ablauf der Stimmritzen-
veränderung bei Zeitlupenaufnahmen
Folia Phoniatr. 6, 14 (1953)
- LUCHSINGER, R. u.
ARNOLD, G. E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilk.
Springer Verl. Wien 1959

- LUCHSINGER, R. u.
PFISTER, K.: Ergebnisse von Kehlkopfaufnahmen mit
einer Zeitdehnapparatur
Bull. Schweiz. Anal. med. Wiss. 15
S. 164 (1959)
- LULLIES, H.: Physiologie der Stimme und Sprache
Springer Verl. 1953
- MALAN, A.: zit. nach UDDSTRÖMER, M.
- MASING, H.: Die klinische Bedeutung der Nasen-
widerstandsmessung
Arch. Ohr-, Nas.- Kehl. Heilkunde
185, Heft 2 1965)
- MASING, H.: Experimentelle Untersuchungen über die
Strömung im Nasenmodell
Arch. klin. exper. Ohr-, Nas.- Kehl.
Heilk. 189, 59-70, 1967
- MENDL, J.: Direkte und quantitative subglottische
Druckmessungen während der Atmung und
Stimmgebung bei Gesunden
Inaug. Dissert. München (1970)
- MICHEL, van, C.: Morphologie de la courbe glottographique
dans certains troubles fonctionnels du
larynx
Folia phoniatr. 19, 192-202 (1967)
- MÜLLER, E.: Zur Physiologie der Gaumensegelbewe-
gung beim Schlucken und Sprechen
Arch. Ohr-, Nas.- Kehl. Heilk. 167,
S. 472, 1955
- Die Bewegungen des Gaumensegels beim
Schlucken und Sprechen
Arch. Ohr-, Nas.- Kehl. Heilk. 169,
495-500, 1956
- MÜLLER, J.: Hab. d. Physiol. d. Menschen
Koblenz: J. Hölscher 1840
- MUSEHOLD, A.: Allgemeine Akustik und Mechanik des
menschlichen Stimmorgans
Berlin: Julius Springer 1913
- NADOLECZNY, M.: Physiologie der Stimme und Sprache
In Denker-Kahlers Handbuch der HNO-
Heilkunde Bd. 1 Berlin 1925

- NOLD, H.: Subglottische Druckmessungen bei Patienten mit malignen Larynx Tumoren während der Phonation
Inaug. Dissert. München 1967
- OERTEL zit. nach LUCHSINGER, R.
- PANCONCELLE-CALZIA, G.: Die Stimmatmung, das Neue, das Alte
Nova acta Leopoldina N.F. 18 (1956)
- PERKINS, W. H. u. Patterns of Subglottal Pressure
KOIKE, Y.: Variations During Phonation
Folia phoniatr. 21, 1-8 (1969)
- POLLIN zit. nach LUCHSINGER, R.
- PRESSMANN, J.: Laryngoscope 49, Nr. 4, 1939
- RANKE, O. u. Gehör, Stimme, Sprache
LULLIES, H.: Springer Verl. Berlin 1953
- RETHI, L.: Experimentelle Untersuchungen über den Schwingungstypus und den Mechanismus der Stimmbänder bei der Falsettstimme
Sitzgsbr Wien Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Kl. III 105
- ROUDET La parole 2, 59, (1900)
- RUBIN, H. J., zit. nach MENDEL, J.
LECOVER, M. and
VENNARD, W.:
- SAUTER, M.: zit. nach SEMERÁK
- SCHEIDELER, J.: Die Messung der absoluten Luftdurchgängigkeit der menschlichen Nase
Arch. Ohr-, Nas.- u. Kehlk. Heilk. 146, 170-179, (1939)
- SCHILLING, R.: Untersuchungen über die Atembewegungen beim Sprechen und Singen
Monatsschr. f. Ohrenhk. 59, (1925)
- Die Untersuchungsmethoden der Stimme und Sprache
In Denker-Kahlers Handbuch der Hals-, nasen- u. Ohrenheilkunde Bd. 1, Teil 1, Berlin u. München (1925)

- SCHILLING, R.: Über den Spannungsmechanismus der Stimmlippen
Hals- usw. Arzt I Org. 31, 112 (1940)
- SCHLOEMILCH, P.: Experimentell-Phonetische Untersuchungen der Gaumensegelfunktion bei Verschlusslauten
Inaug. Dissert. München 1967
- SEEBOHM, P. M. and HAMILTON, W.: A Method for Measuring Nasal Resistenz without intranasal Instrumentation
J. Allergy 29, 56-59 (1958)
- SEMERÁK, A.: Objektive Beurteilung der Nasendurchgängigkeit
Z. Laryng. Rhinol. Otol. 37, 248-261 (1958)
- SERCER, A.: zit. nach SEMERÁK, A.
- SMITH, S.: Remarks on the Physiologie of the Vibrations of the vocal cords
Folia phoniatr. 6, 166-178 (1954)
- SOBOTTA, J. u. BECHER, H.: Atlas der Anatomie des Menschen
Bd. 2 München 1965
- SPIESS, G.: zit.nach UDDSTRÖMER, M und SEMERÁK, A.
- STRENGER, F.: Mesure de la pression d'air sous-glottique
J. franc. d'Oto-Rhino-Laryng. 7, 101-114 (1958)
- Methods for direct and indirect measurements of the subglottic air-pressure in phonation
Stud. Linguist. 98-112 (1960)
- SUBTELNY, J. D., WORTH, J. H. and SAKUDA, M.: Intraoral pressure and rate of flow during speech
J. Speech Res. 9, 498-518 (1966)
- TONNDORF, J.: Z. Hals-, Nas.- Ohrenheilk. 12, 241, 1925
- Der Weg der Atemluft in der menschlichen Nase
Arch. Ohr-, Nas.- u. Kehlk. Heilk. 146, 41-63, (1939)

- TONNDORF, J.: A note on the measurement of nasal flow resistance
Ann. Otol. (St. Louis) 67, 984-990, (1958)
- TÜRCK, L.: Der Kehlkopfspiegel und die Methode seines Gebrauchs
Zeitschr. f. d. Gesellsch. d. Ärzte zu Wien 1858, Nr. 26
- UDDSTRÖMER, M.: Nasal Respiration usw.
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 42 (1940)
- VALLANCIEN, B. u.
FAULHABER, J.: What to Think of Glottography
Folia phoniatr. 19, 39-44 (1967)
- VESAL zit. nach LUCHSINGER, R.
- WALDENBURG zit. nach EWALD
- WARDILL zit. nach LUCHSINGER, R. u.
ARNOLD, G. E.
- WARREN and WOOD zit. nach BROWN
- WULLSTEIN, H.: Der Bewegungsvorgang an den Stimmlippen während der Stimmgebung
Arch. Ohr-, Nas.- Kehl. Heilk. 142, 119 (1936)
- ZWAARDEMAKER, H.: Handbuch für Hals-, Nasen-und Ohrenheilkunde (Denker-Kahler)
Bd. I, 439 Springer Verl. Berlin 1926

LEBENS LAUF

Am 4.7.1945 wurde ich als Sohn des Arztes Dr. med. Josef Spanneberg und seiner Frau Martha Spanneberg, geb. Lehrer, in München geboren. Meine Kindheit verbrachte ich in Schwindegg, Landkreis Mühldorf in Oberbayern, wo ich auch von 1951 bis 1955 die Volksschule besuchte. Am 1.9.1955 trat ich in die Staatliche Oberrealschule in Pfarrkirchen ein und legte im Juni 1965 die Reifeprüfung ab.

Im November 1965 begann ich das Studium der Medizin an der Universität München. Nach 2 Semestern bestand ich die Naturwissenschaftliche und nach weiteren 5 Semestern die Ärztliche Vorprüfung. Das Medizinische Staatsexamen beendete ich am 17.6.1971.

Meine Medizinalassistentenzeit leistete ich vom 1.9.1971 bis zum 30.9.1972 im Städtischen Krankenhaus München-Harlaching ab. Am 25.9.1972 erteilte mir das Bayerische Ministerium des Inneren die Approbation als Arzt.

Vom November 1972 bis Ende Februar 1974 war ich einschließlich einer einmonatigen Wehrprüfung als wehrpflichtiger Stabsarzt an der Gebirgs- und Winterkampfschule Luttensee tätig.

Zur Zeit bin ich an der Pathologischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses München-Harlaching als Assistenzarzt beschäftigt.

Herrn Professor Dr. E. Loebell möchte ich für die Überlassung des Themas und seiner freundlichen Unterstützung während der Ausführung dieser Arbeit, sowie für die Korrektur, meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Herrn Professor Dr. H. H. Naumann danke ich für die Arbeitsmöglichkeit an seiner Klinik, sowie für die Übernahme des Referates.

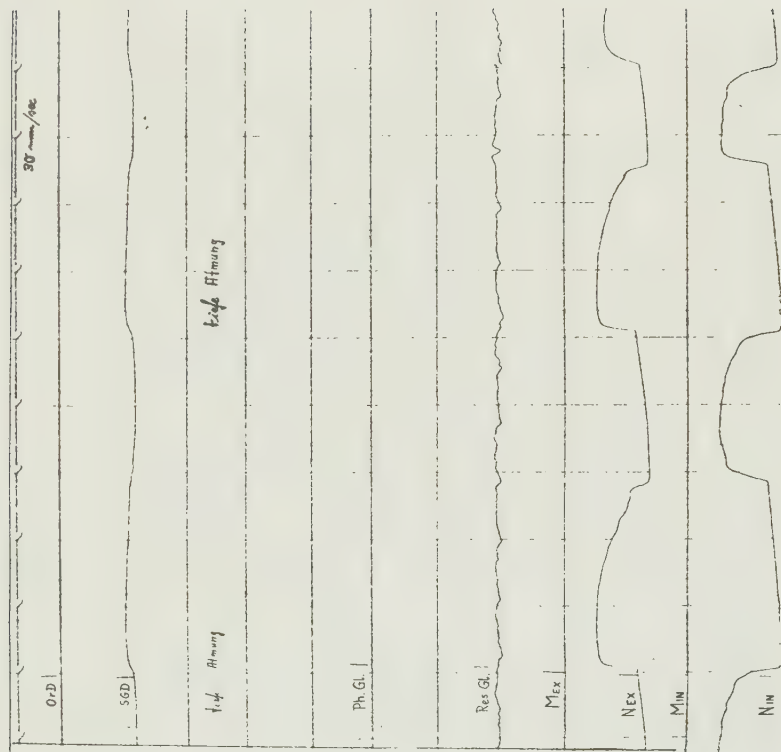
Ein herzliches Dankeschön auch Fräulein S. Hanel für ihre tatkräftige und freundliche Assistenz während der gesamten Durchführung dieser Dissertation.

J) ANHANG

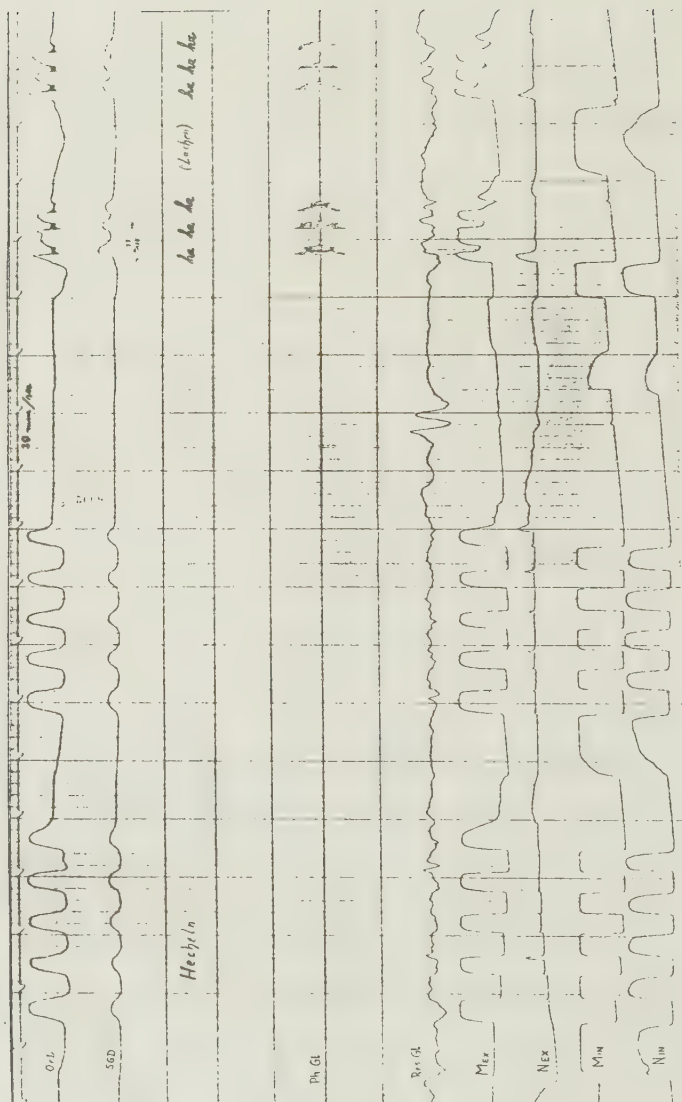
Kurvenbilder des Versuchsprogrammes

Erklärung der Abkürzungen:

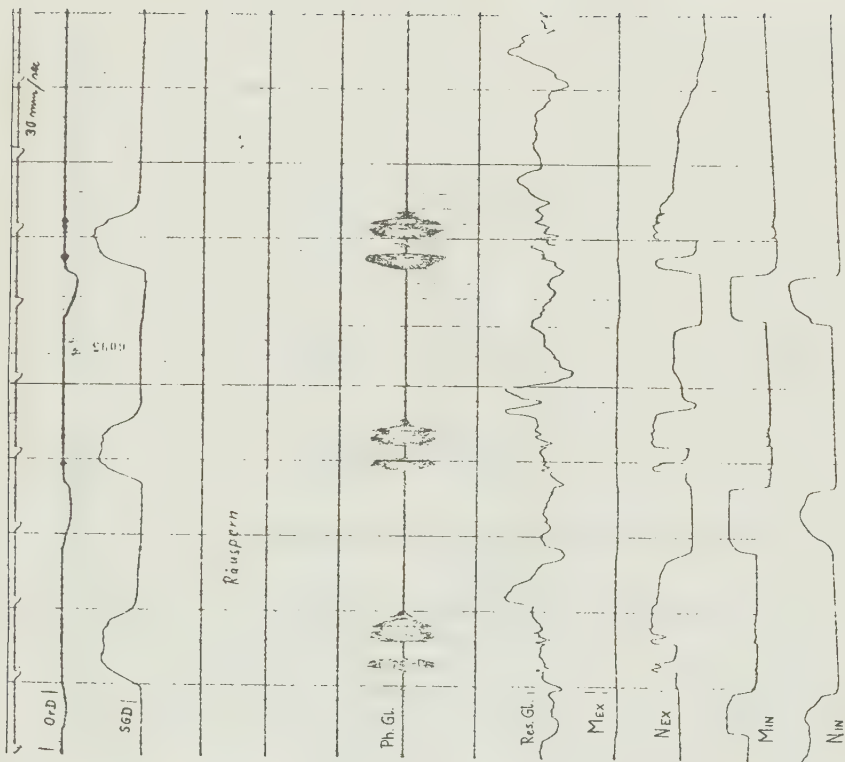
SGD	= subglottischer Druck
ORD	= oraler Druck
NAD	= nasaler Druck
Ph.Gl.	= phonatorisches Glottogramm
Res.Gl.	= respiratorisches Glottogramm
Mex	= Mund (Expiration)
Nex	= Nase (Expiration)
Min	= Mund (Inspiration)
Nin	= Nase (Inspiration)



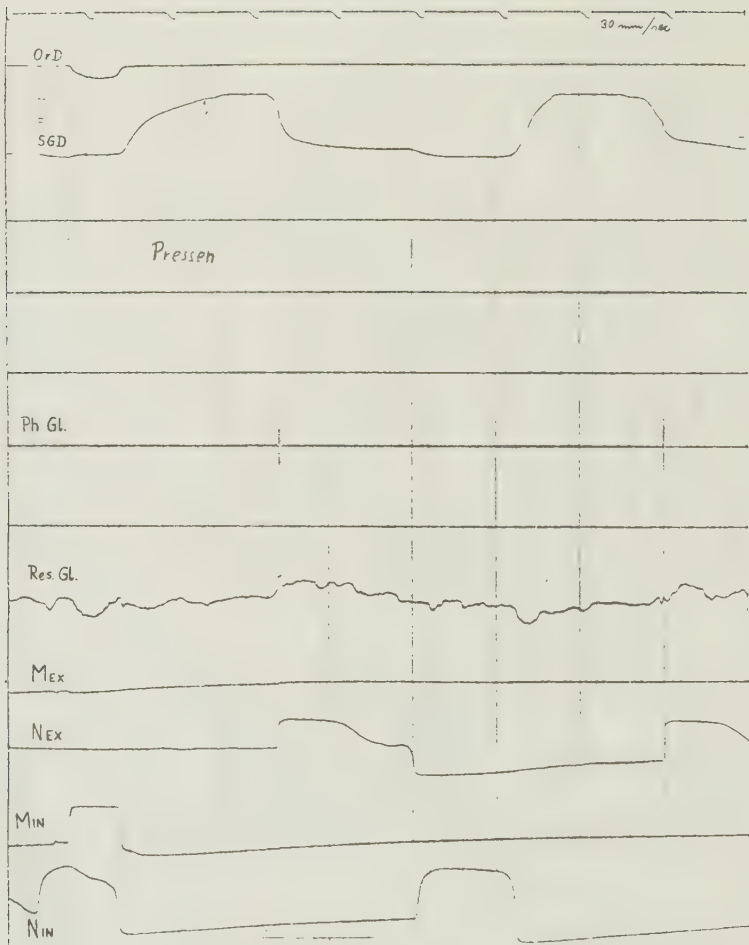
Kurve 1



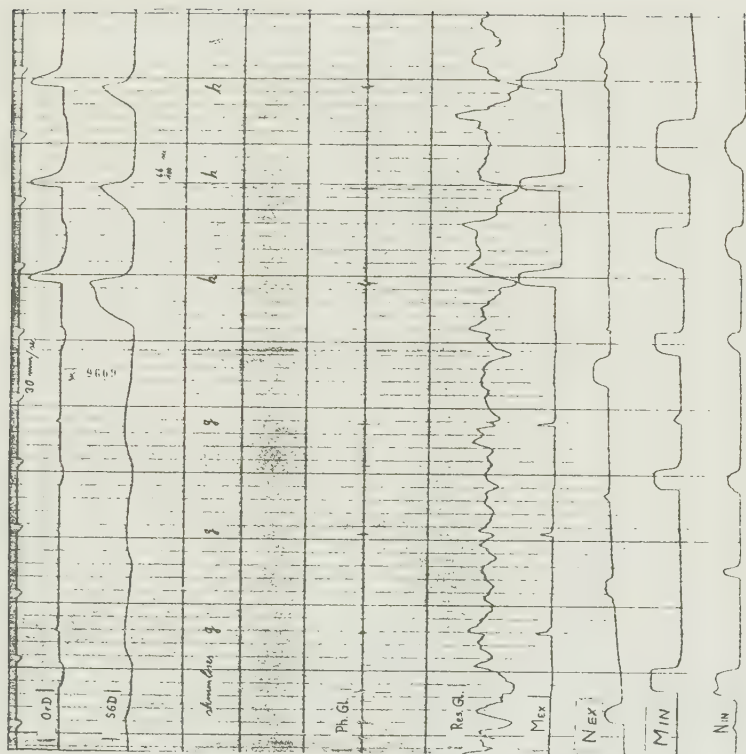
Kurve 2



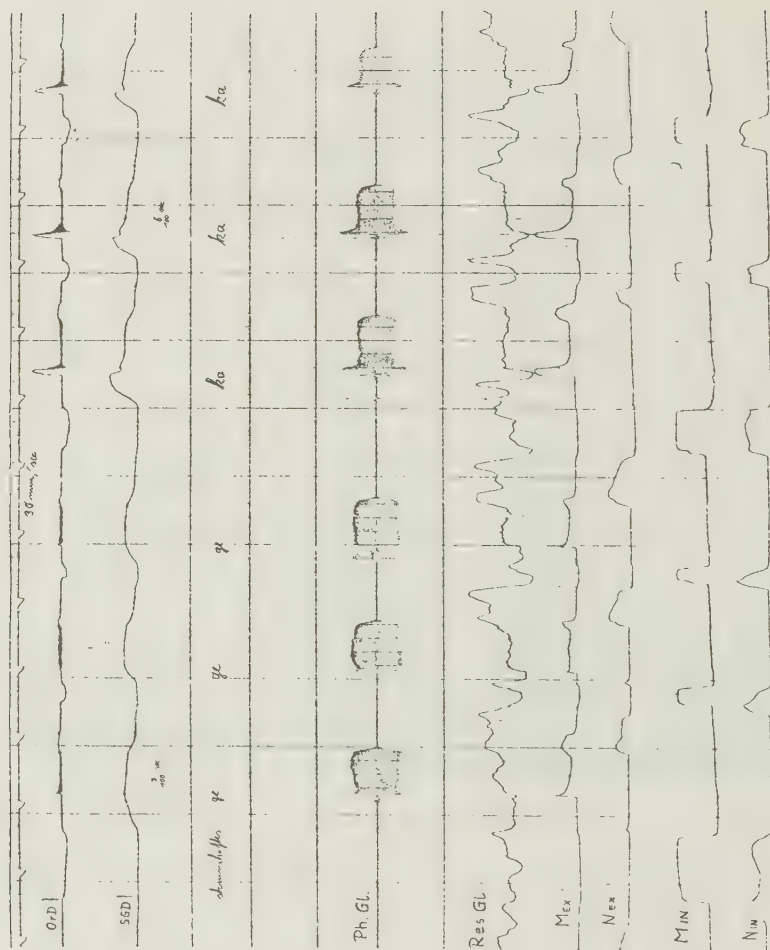
Kurve 3



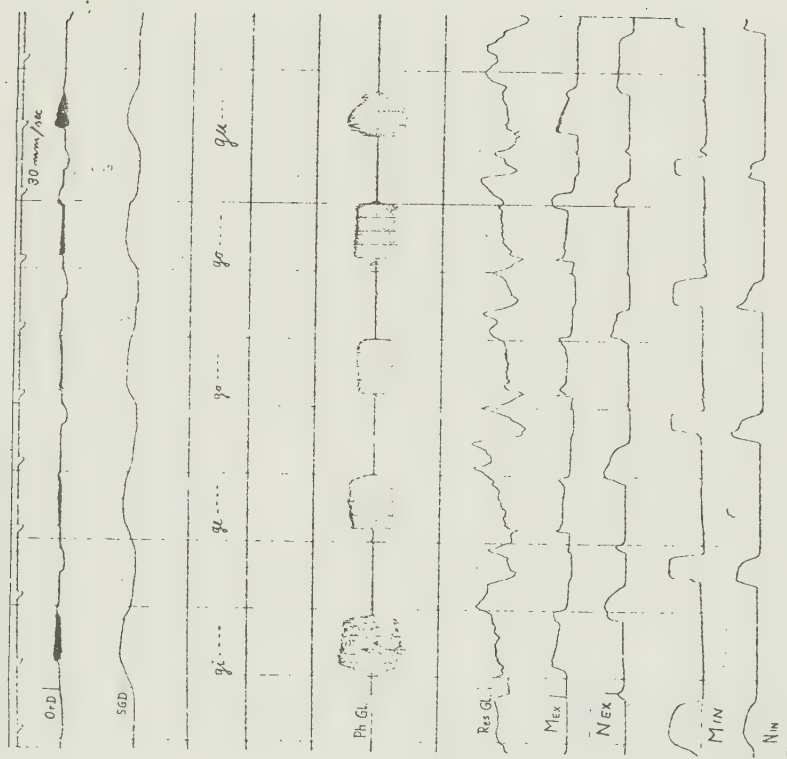
Kurv 4



Kurve 5



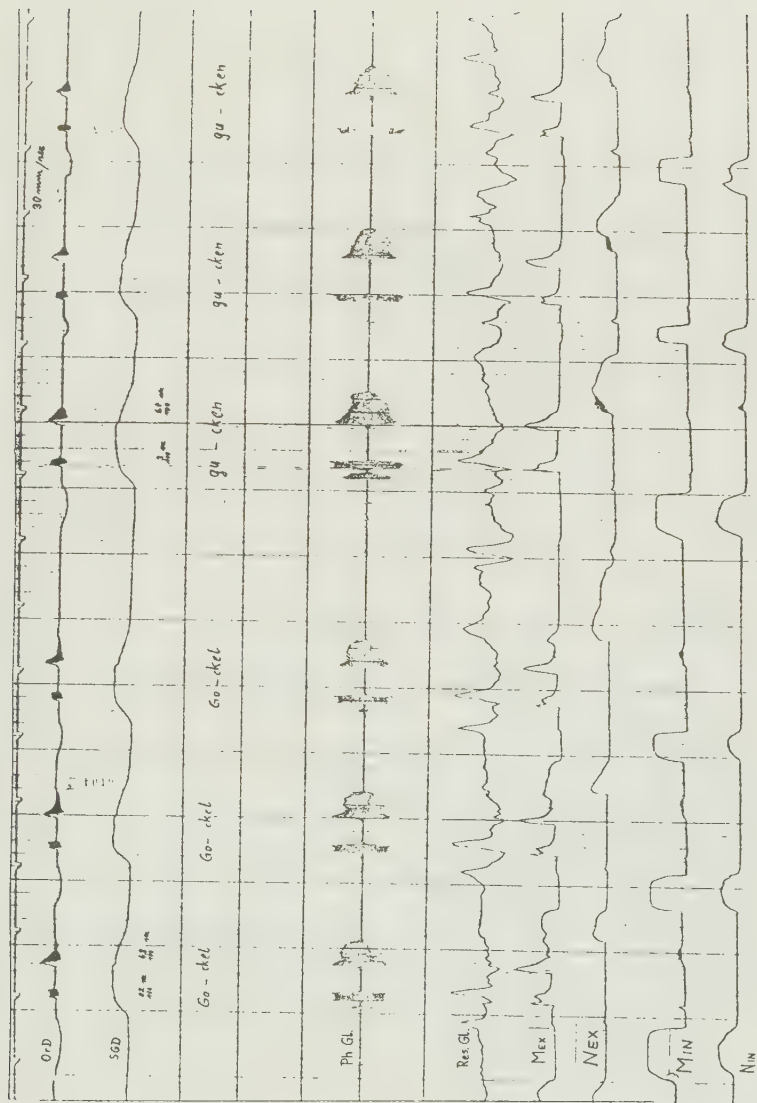
Kurve 6



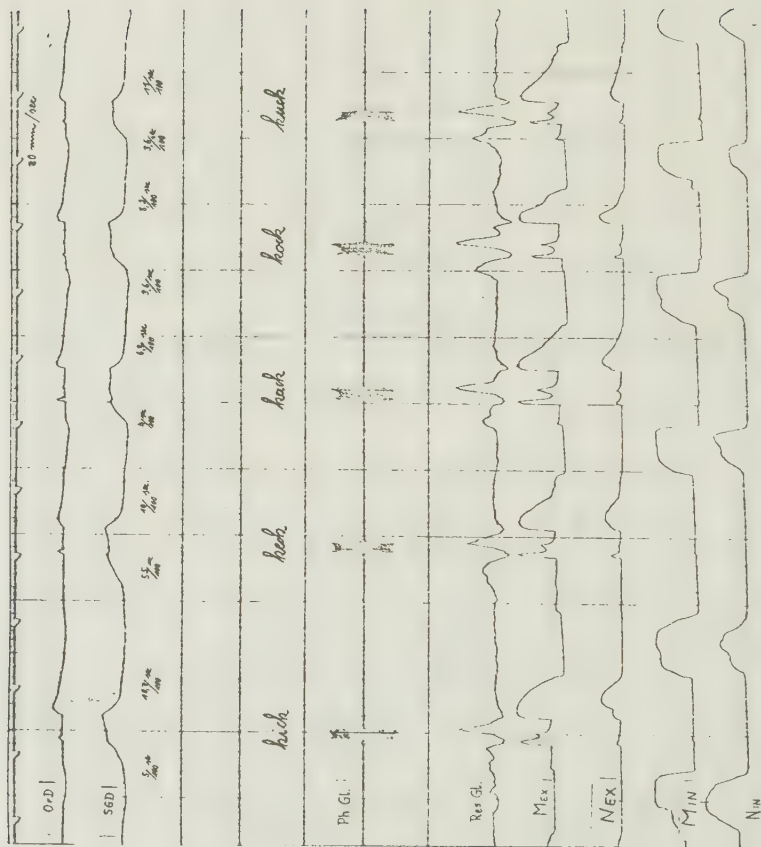
Kurve 7



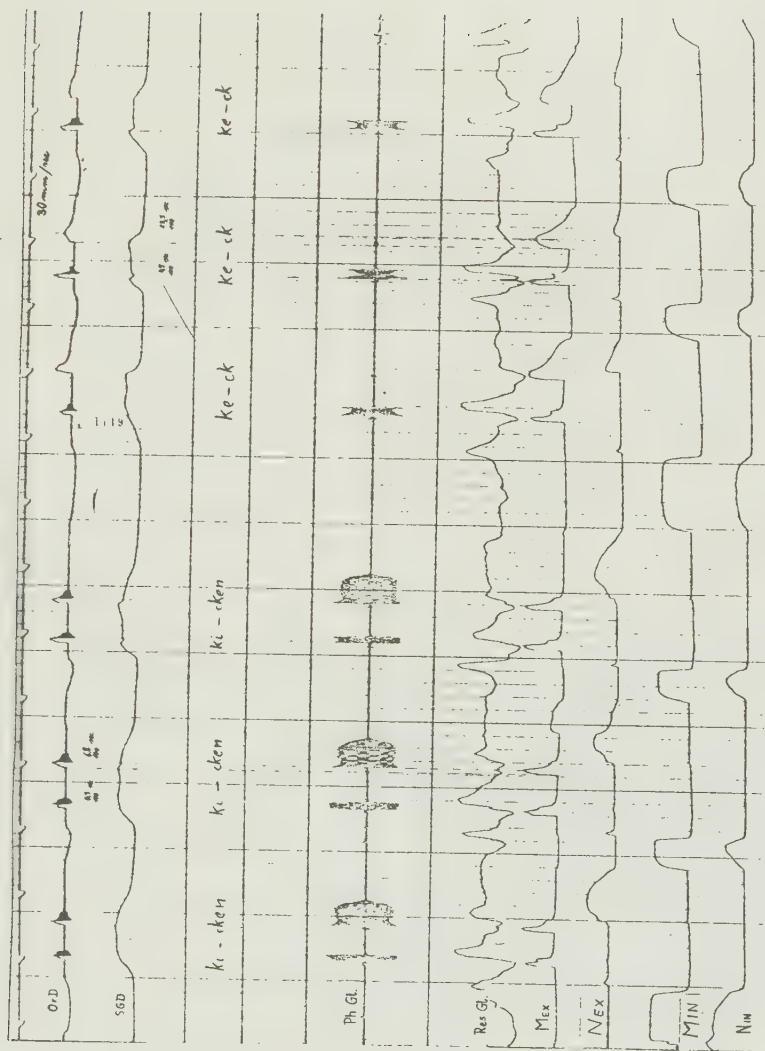
Kurve 8



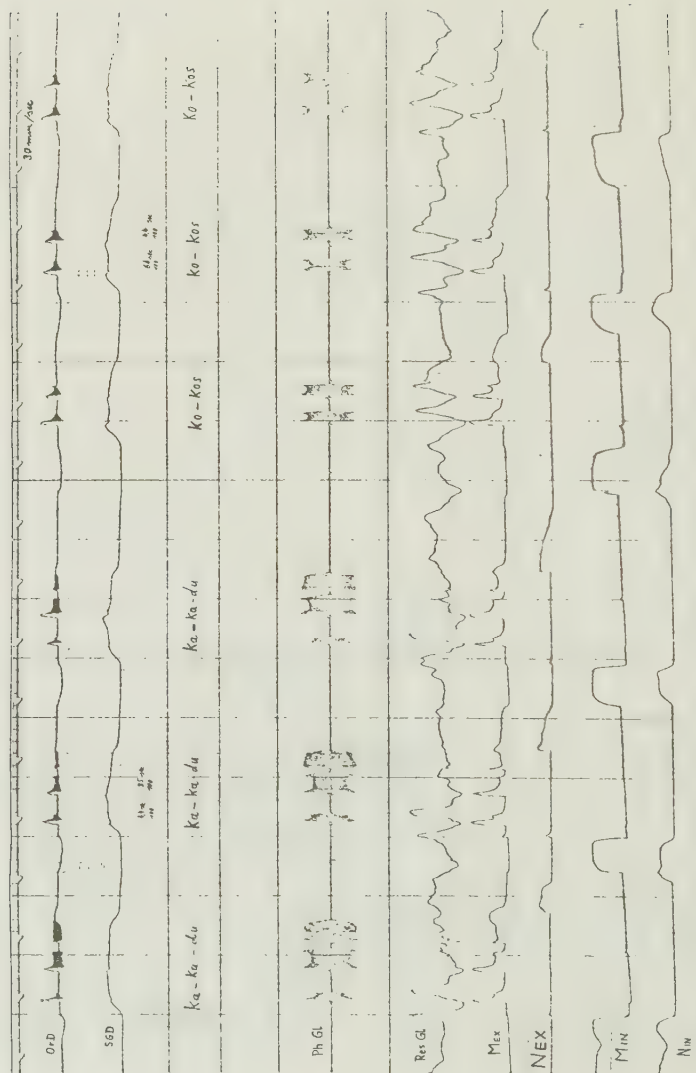
Kurve 9



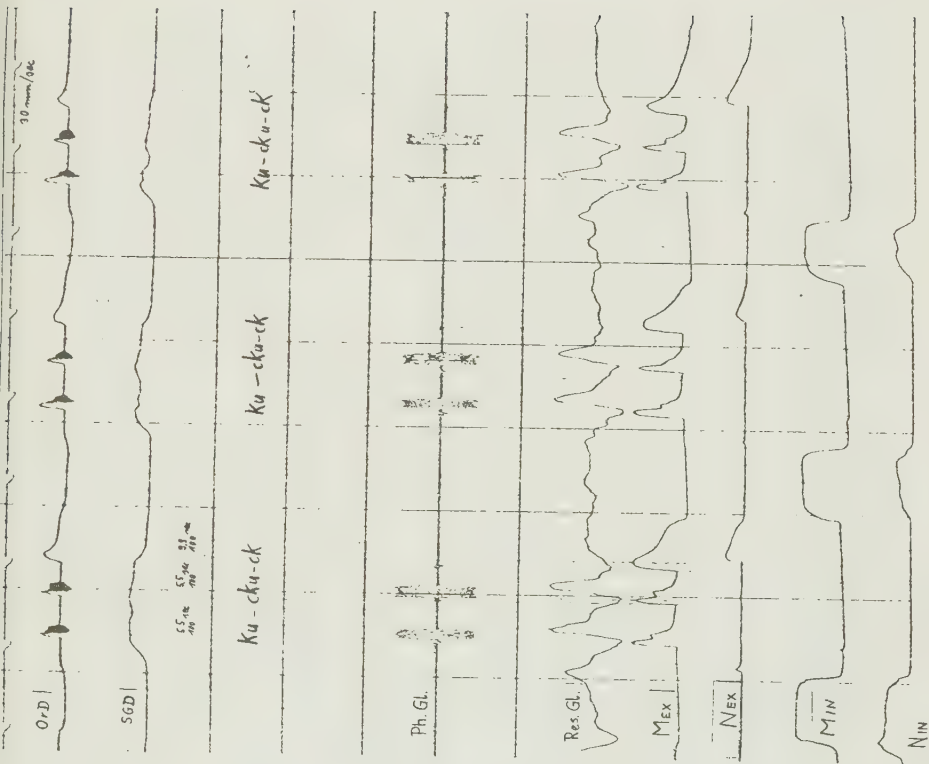
Kurve 10

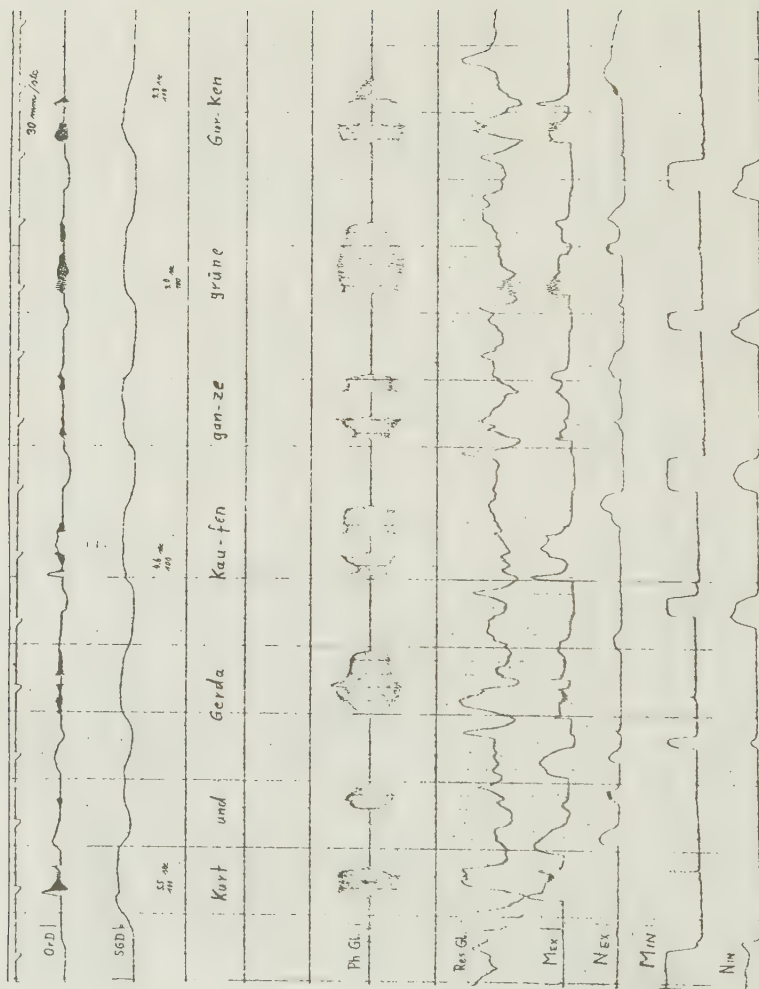


Kurve 11

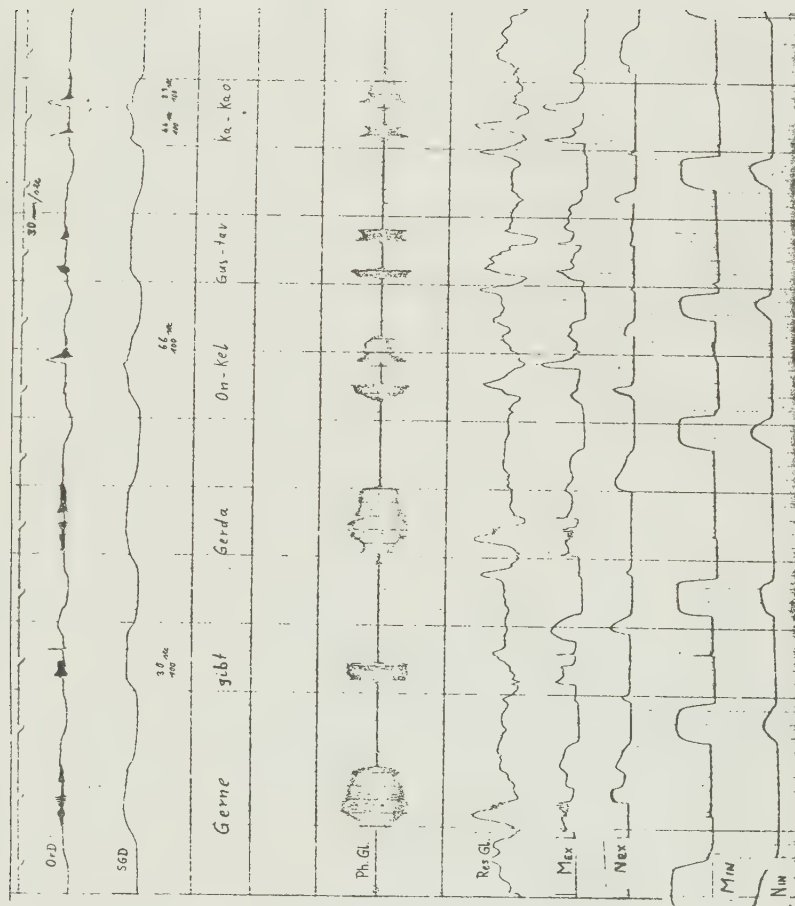


Kurve 12

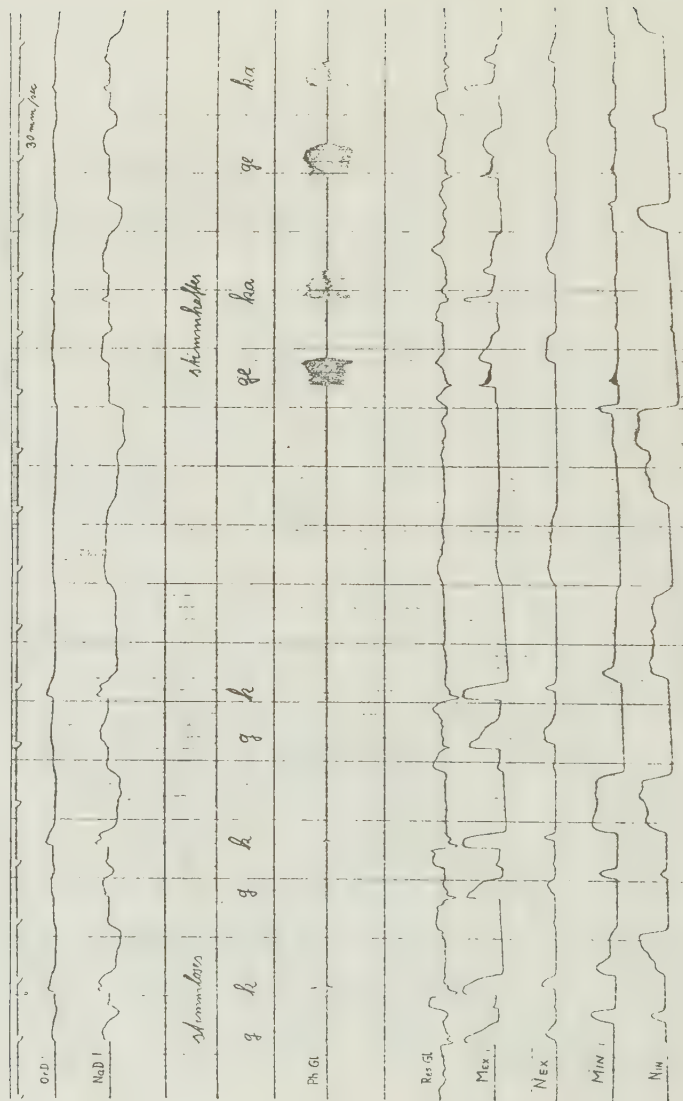




Kurve 14

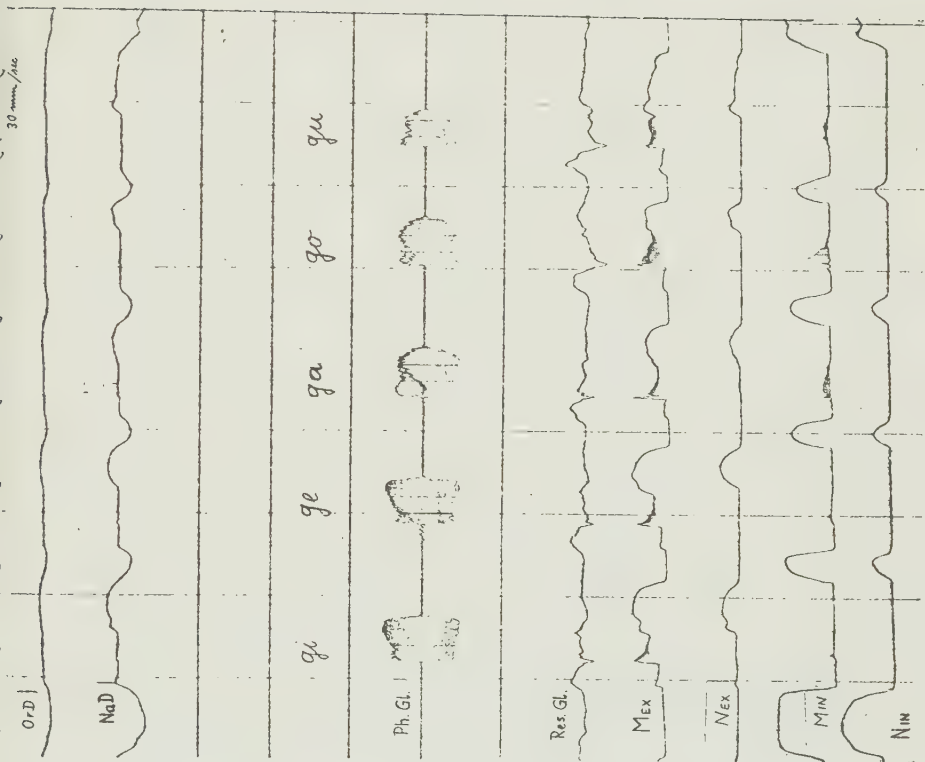


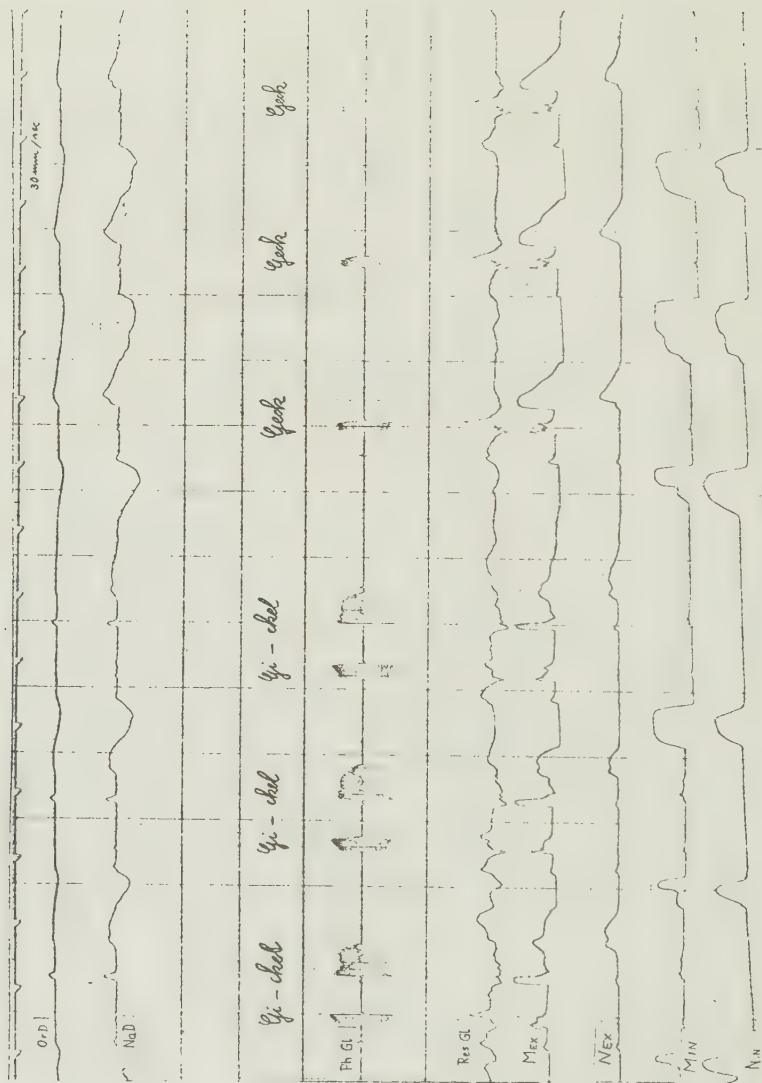
Kurve 15



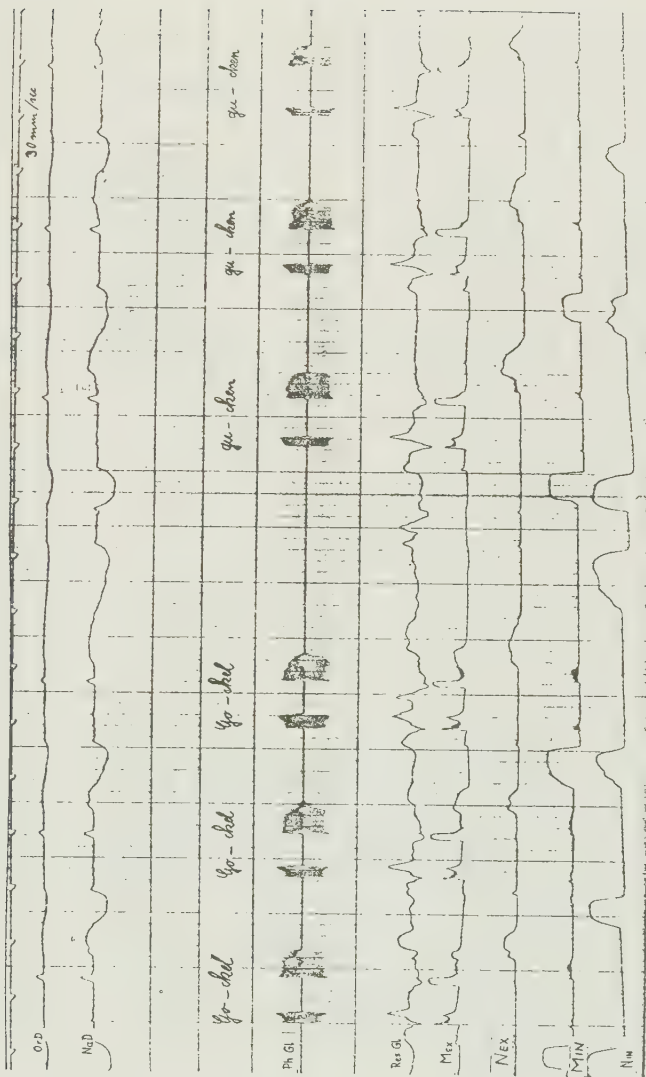
Kurve 16

30 mm/sec

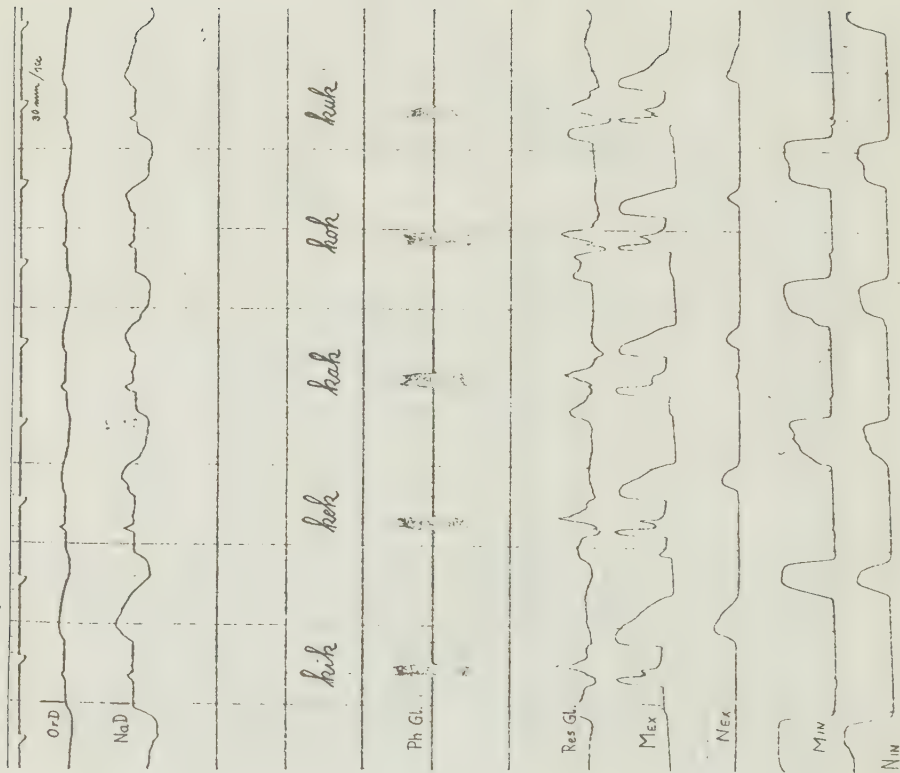


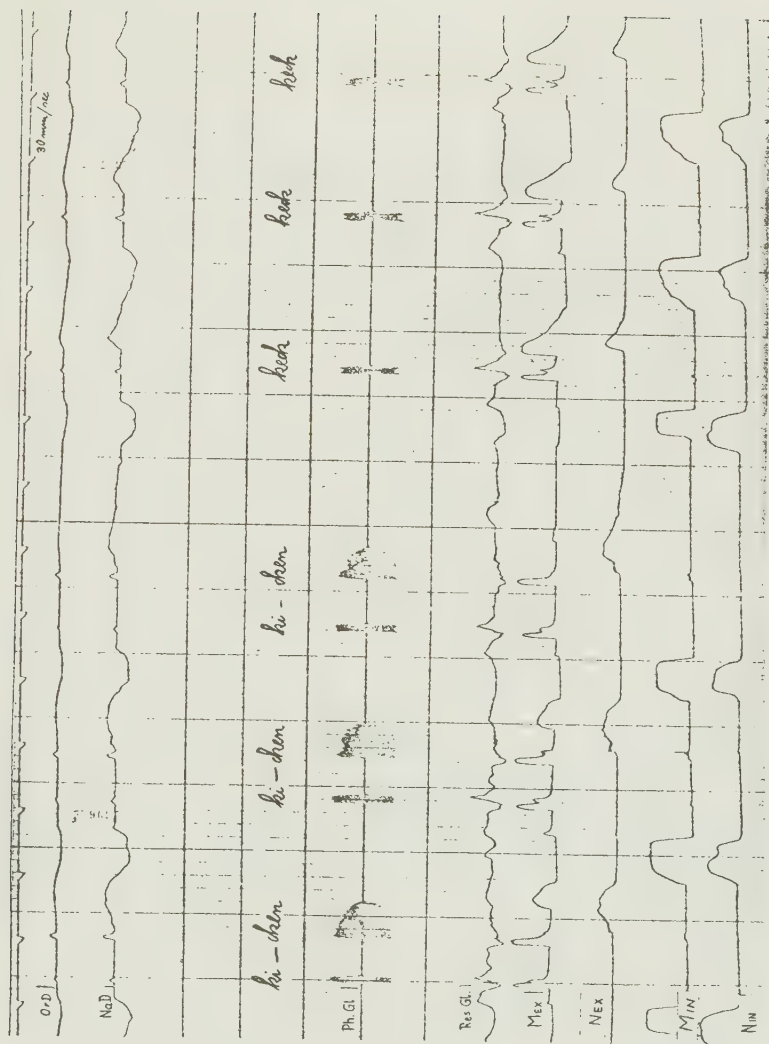


Kurve 18

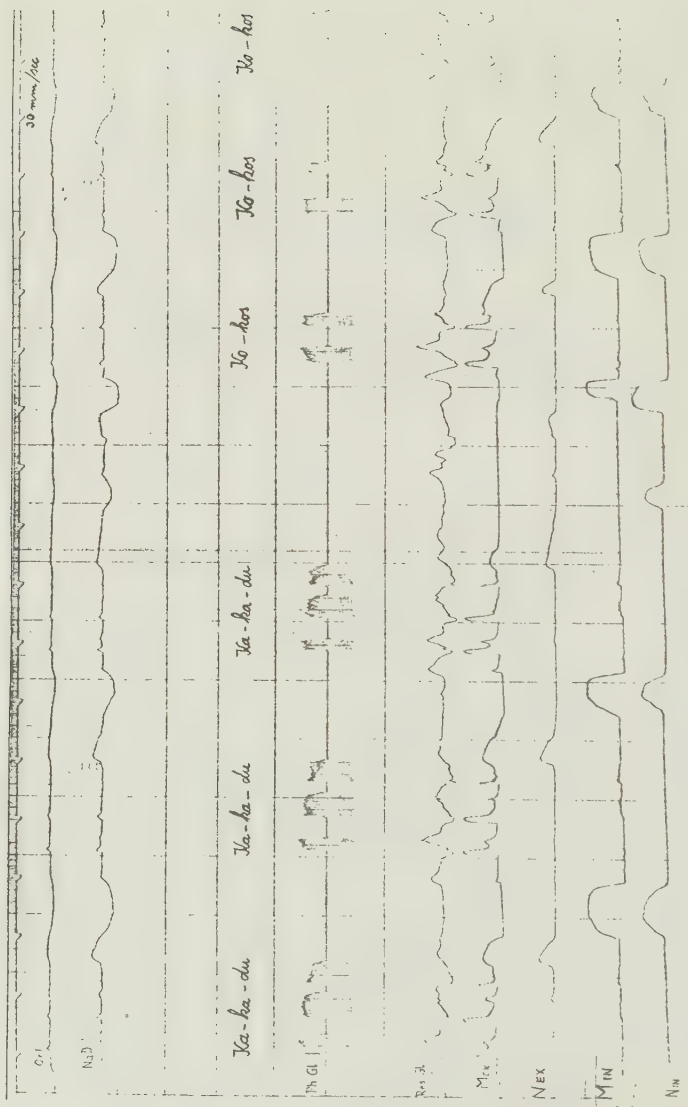


Kurve 19

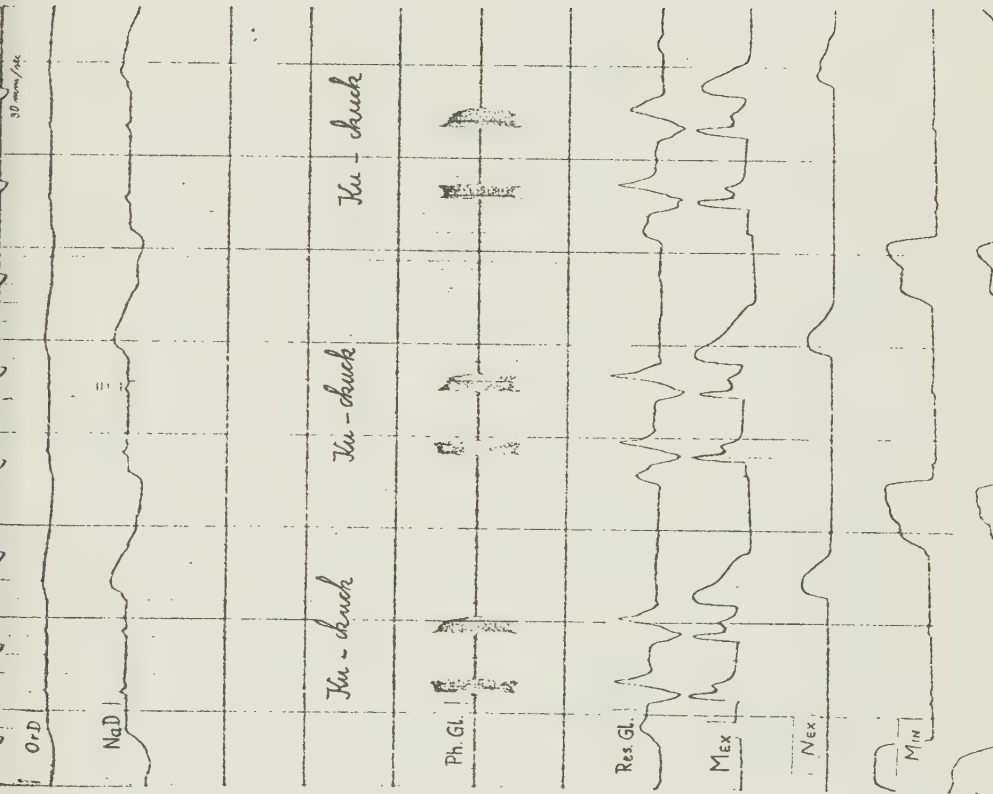




Kurve 21



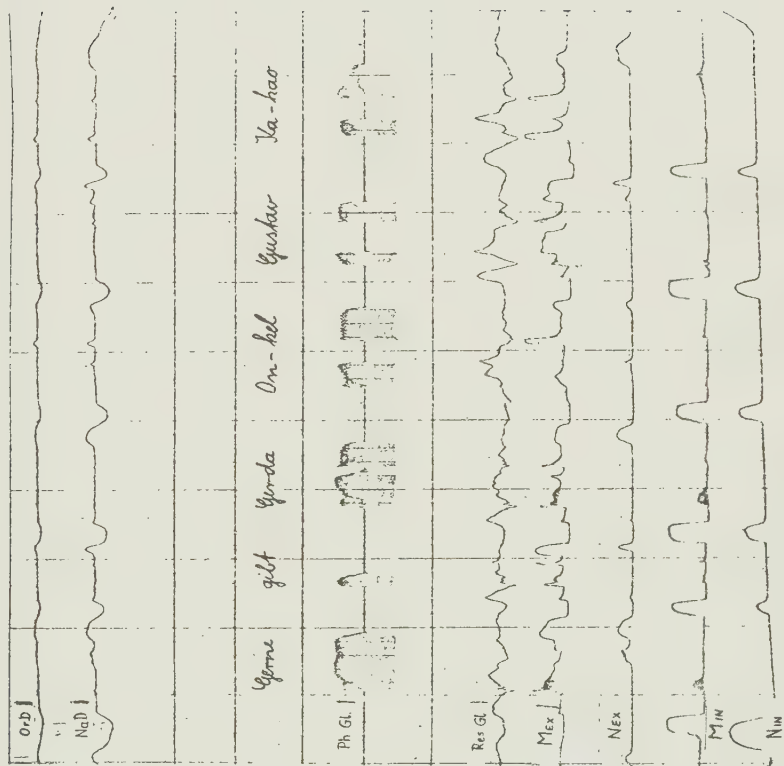
Kurve 22



Kurve 23



Kurve 24



Kurve 25

